

Programme-cadre

Sciences

Cycles intermédiaire
et supérieur

1987

10^e partie

Physique appliquée et
Sciences de la technologie
12^e année, niveau général

OHEC
373.19
09713
059DE/C-
S
French
1987
P10

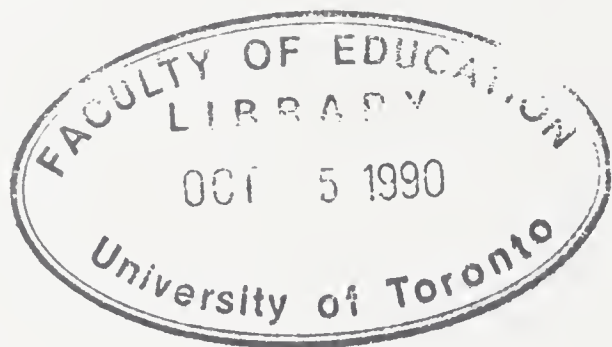


Table des matières

Introduction	3	Unités facultatives :	
Parties composant le programme-cadre	3	1. Les fluides	27
Caractéristiques communes à tous les cours du		2. L'énergie nucléaire	30
programme de sciences	3	3. Les propriétés des solides	33
Continuité des cours du programme de sciences	5	4. Unité élaborée à l'échelon local	36
Cours obligatoires et préalables	5		
Intégration des buts et du contenu	5	Sciences de la technologie, 12^e année,	
Activités des élèves	5	niveau général (STE4G)	37
Sécurité	6	Unités obligatoires :	
Questions épineuses et controversées	6	1. La langue et les calculs de la chimie	38
Unités élaborées à l'échelon local	6	2. La thermochimie	40
Évaluation du rendement des élèves	6	3. Les analyses chimiques	42
Renvois	6	4. La cinématique	45
Particularités des cours de physique appliquée et de sciences		5. La statique	47
de la technologie	7	6. La cinétique	49
Unités d'études et nombre d'heures allouées à chacune ..	7	Unités facultatives :	
Quelques méthodes d'enseignement	7	1. Les fluides	51
		2. Les machines	54
Physique appliquée, 12^e année, niveau		3. Les matériaux	56
général (SPA4G)	9	4. Unité élaborée à l'échelon local	58
Unités obligatoires :			
1. Le son	10	Annexes	59
2. La lumière et la couleur	13	A. Codes des cours de sciences	61
3. La chaleur	17	B. Table des matières de la 1 ^{re} partie du programme-cadre ..	62
4. L'énergie électrique	20		
5. Le mouvement	24		

Introduction

Parties composant le programme-cadre

Le présent document constitue la dixième partie d'un programme-cadre composé de quinze parties définissant le programme de sciences des cycles intermédiaire et supérieur des écoles de l'Ontario et décrivant les cours de sciences qui peuvent être offerts (voir la liste des codes de cours à l'annexe A).

La lecture et la mise en œuvre de la présente partie doivent se faire conjointement avec celles de la 1^{re} partie, qui s'intitule *Politique générale du programme de sciences*. Lorsqu'ils donneront les cours de sciences décrits dans le présent document, les enseignants devront tenir compte des nombreux éléments présentés dans la 1^{re} partie. Celle-ci les aidera à interpréter les intentions et les attentes globales du ministère de l'Éducation en ce qui a trait au programme de sciences. L'annexe B, qui se trouve à la fin du présent document, donne la table des matières de la 1^{re} partie, ce qui permettra ainsi aux lecteurs d'avoir rapidement accès à la liste des chapitres et des sujets dont elle se compose.

Le programme provincial de sciences des cycles intermédiaire et supérieur se compose des cours décrits dans les parties 2 à 15; ces cours ont été élaborés conformément à la ligne de conduite et à la politique exposées dans la 1^{re} partie. Le programme-cadre de sciences se compose des quinze parties suivantes :

- 1^{re} partie : Politique générale du programme de sciences
- 2^e partie : Sciences, 7^e et 8^e année
- 3^e partie : Sciences, 9^e et 10^e année, niveau général
- 4^e partie : Sciences, 9^e et 10^e année, niveau avancé
- 5^e partie : Sciences, 9^e et 10^e année, niveau fondamental
- 6^e partie : Sciences, 11^e et 12^e année, niveau fondamental

- 7^e partie : Sciences de l'environnement, 10^e, 11^e et 12^e année, niveau général
- 8^e partie : Sciences de l'environnement, 10^e et 12^e année, niveau avancé
- 9^e partie : Biologie appliquée et Chimie appliquée, 11^e année, niveau général
- 10^e partie : Physique appliquée et Sciences de la technologie, 12^e année, niveau général
- 11^e partie : Géologie, 12^e année, niveaux général et avancé
- 12^e partie : Biologie, 11^e année, niveau avancé, et CPO
- 13^e partie : Chimie, 11^e année, niveau avancé, et CPO
- 14^e partie : Physique, 12^e année, niveau avancé, et CPO
- 15^e partie : Les sciences dans la société, CPO

Le tableau de la page suivante présente les 28 cours de sciences qui pourront être offerts de la 7^e à la 12^e année et dans le cadre des CPO.

Caractéristiques communes à tous les cours du programme de sciences

La 1^{re} partie du présent programme-cadre renferme un grand nombre d'éléments dont on devra tenir compte au moment de la préparation du programme de sciences des cycles intermédiaire et supérieur. Ces éléments sont trop nombreux pour que l'on puisse les décrire à nouveau dans chaque partie (2 à 15), mais en voici quelques-uns à titre d'exemple :

- renseignements sur les crédits de sciences exigés pour l'obtention du diplôme d'études secondaires de l'Ontario;
- liste des cours de sciences que les élèves doivent suivre avant de pouvoir s'inscrire à d'autres cours de sciences;
- politique relative aux travaux de laboratoire obligatoires;
- liste des buts du programme de sciences et façons de les intégrer au contenu scientifique;
- politique relative au nombre d'heures allouées à chaque unité et à l'ordre d'enseignement des unités d'étude obligatoires et facultatives;
- directives concernant les unités élaborées à l'échelon local;
- suggestions touchant les meilleures voies à suivre par les élèves dans le programme de sciences au palier secondaire;
- recommandations touchant les élèves en difficulté, l'enseignement individualisé, la préparation à la vie, l'orientation professionnelle, le rôle et l'évaluation du français dans les cours de sciences, le rôle des filles et des garçons dans le domaine des sciences;
- recommandations sur la façon de présenter et de traiter les questions épineuses et controversées;
- suggestions précises sur les ressources mises à la disposition des professeurs de sciences;

Cours autorisés par le programme-cadre de sciences, cycles intermédiaire et supérieur

7 ^e année	Sciences		
8 ^e année	Sciences		
9 ^e année	Niveau fondamental Sciences (SNC1F)	Niveau général Sciences (SNC1G)	Niveau avancé Sciences (SNC1A)
10 ^e année	Sciences (SNC2F)	Sciences (SNC2G) Sciences de l'environnement (SEN2G)	Sciences (SNC2A) Sciences de l'environnement (SEN2A)
11 ^e année	Sciences (SNC3F)	Biologie appliquée (SBA3G) Chimie appliquée (SCA3G) Sciences de l'environnement (SEN3G)	Biologie (SBI3A) Chimie (SCH3A)
12 ^e année	Sciences (SNC4F)	Sciences de l'environnement (SEN4G) Géologie (SGE4G) Physique appliquée (SPA4G) Sciences de la technologie (STE4G)	Sciences de l'environnement (SEN4A) Géologie (SGE4A)* Physique (SPH4A)
CPO			Biologie (SBI0A) <i>Préalable</i> – Biologie (SBI3A) Chimie (SCH0A) <i>Préalable</i> – Chimie (SCH3A) Physique (SPH0A) <i>Préalable</i> – Physique (SPH4A) Les sciences dans la société (SSO0A) <i>Préalable</i> – Un cours parmi : Biologie (SBI3A) Chimie (SCH3A) Sciences de l'environnement (SEN4A) Géologie (SGE4A)* Physique (SPH4A)

*Le cours de géologie de 12^e année de niveau avancé décrit dans ce programme-cadre (voir la 11^e partie) peut être enseigné dans le cadre du programme des cours d'un département de géographie sous le titre Géologie (GGE4A) – prière de noter le changement du code de cours. Dans ce cas, le cours Géologie (SGE4A) ou Géologie (GGE4A) peut servir de préalable au cours Les sciences dans la société (SSO0A).

- suggestions sur les divers modes d'enseignement des cours de sciences, y compris l'éducation coopérative;
- rôle prépondérant des mesures et des unités SI dans les cours de sciences;
- précisions concernant le traitement des symboles et des chiffres significatifs et la résolution des problèmes mathématiques;
- recommandations sur le rôle de la calculatrice et de l'ordinateur dans les cours de sciences;
- directives spécifiques concernant la sécurité;
- politique et principes touchant l'évaluation du rendement des élèves;
- politiques relatives au traitement des cours de sciences aux trois niveaux de difficulté;
- suggestions multiples sur la mise en œuvre du programme de sciences.

On ne saurait trop insister sur l'importance, pour les professeurs de sciences, d'intégrer à leur enseignement la politique et les recommandations énoncées dans la 1^{re} partie; les enseignants ne peuvent pas s'en tenir aux seules descriptions de cours fournies dans les parties 2 à 15 du programme-cadre.

Continuité des cours du programme de sciences

Au moment où ils atteindront le cycle supérieur, les élèves auront déjà fait l'expérience, aux cycles primaire et moyen, de la méthode dite *unifiée*, c'est-à-dire que les sciences sont associées à un certain nombre d'autres matières; au cycle intermédiaire, la méthode est *diversifiée* : on aborde toute une gamme de disciplines scientifiques, notamment la biologie, la chimie, la physique et les sciences de l'environnement. Au cycle supérieur, la méthode est dite *spécialisée*, c'est-à-dire que les cours de sciences portent sur une seule discipline à la fois.

Bien que ces trois approches (unification, diversification et spécialisation) permettent de traiter le sujet de différentes façons, leur but est d'assurer la continuité du programme pendant toute la scolarité des élèves. Les cours de physique appliquée et de sciences de la technologie de 12^e année (niveau général) approfondissent les unités de sciences physiques des cours du cycle intermédiaire.

Les unités obligatoires ainsi que les unités facultatives prévues, le cas échéant, doivent être incluses dans tous les cours de sciences. Afin que suffisamment de temps soit consacré à chacune des unités du cours, il serait bon que les enseignants tiennent compte du temps alloué à chacune des unités. Cet aspect est important, compte tenu de la continuité qui existe entre les cours du secondaire et entre les études secondaires et les études postsecondaires.

Cours obligatoires et préalables

Le programme des écoles secondaires prévoit deux cours de sciences parmi les matières obligatoires nécessaires à l'obtention du diplôme d'études secondaires de l'Ontario. On s'attend donc que la plupart des élèves qui s'inscrivent aux cours de physique appliquée et de sciences de la technologie du cycle supérieur aient suivi des cours de sciences de 9^e et de 10^e année, également de niveau général.

Intégration des buts et du contenu

On recommande aux enseignants de structurer chacun des cours décrits dans le présent document autour d'un but principal ou d'un ensemble de buts particuliers. Ces buts donnent au programme scolaire une orientation spécifique qui peut se greffer sur le contenu et les méthodes soulignées dans les cours. Il est question de cette approche dans la sous-section 3.4 de la 1^{re} partie du programme-cadre, intitulée «Intégration des buts et du contenu». Le tableau 2, qui se trouve dans cette sous-section, illustre les résultats de cette intégration. Cette façon de procéder mettra en valeur l'élaboration des cours de sciences décrits dans le présent document. Si l'on fait ressortir un but précis en le reprenant tout au long d'un cours ou dans plusieurs unités, celui-ci devient alors le thème dominant ou un thème qui intègre toutes les activités.

Activités des élèves

Chaque unité d'étude comprend une section intitulée «Activités des élèves». Cette section indique les travaux pratiques que les élèves sont *obligés* d'effectuer. S'ils le jugent opportun, les enseignants peuvent les remplacer par d'autres activités *équivalentes*. Les activités que les élèves doivent entreprendre eux-mêmes sont désignées par un astérisque. Si le temps et les circonstances le permettent, les enseignants devraient inciter les élèves à faire les travaux qui ne sont pas marqués d'un astérisque. Ces exercices peuvent toutefois être démontrés par un ou une élève ou par l'enseignant ou l'enseignante, ou expliqués à l'aide d'un manuel, d'un film, d'un programme informatique ou de tout autre matériel didactique. Quoi qu'il en soit, on considérera que les notions et les principes scientifiques, sur lesquels portent les exercices non désignés par un astérisque et dont il est question dans les objectifs de l'unité d'étude, font partie intégrante du cours.

Règle générale, la meilleure façon d'aborder l'enseignement des sciences est de veiller à ce que le contenu du cours découle directement des travaux pratiques effectués par les élèves. On devrait présenter les techniques et méthodes du travail scientifique comme l'élément central de chaque unité d'étude, élément à partir duquel seront développées la matière, les applications et les répercussions.

Sécurité

Tous les élèves qui suivent des cours de sciences doivent être sensibilisés à l'importance de la sécurité. Il faut constamment insister sur la prévention des accidents dans toutes les activités des élèves et les démonstrations des enseignants en laboratoire. La section 9 de la 1^{re} partie, «La sécurité», comprend des sous-sections détaillées dont les titres sont les suivants :

- La sécurité dans le laboratoire
- Mesures de sécurité recommandées
- Soins aux animaux pendant les cours de sciences
- Manipulation des plantes : règles de sécurité

La section 6 de chaque unité, «Mesures de sécurité à envisager», rappelle quelques-unes des mesures de sécurité s'appliquant à l'unité en question. Toutefois, on devrait constamment se référer à la section 9 de la 1^{re} partie. Les écoles doivent toujours être vigilantes quand il s'agit de la sécurité, et elles doivent mettre à jour régulièrement leur programme de sensibilisation à la sécurité. Ainsi, on ne trouvera pas dans le présent document toutes les précautions touchant les excursions.

Questions épineuses et controversées

Le programme scolaire décrit dans le présent document fait clairement ressortir les liens existant entre les sciences, la technique et la société. Les applications et les incidences sociales des sciences sont des composantes obligatoires de chaque unité. Par ailleurs, il est question, dans la 1^{re} partie du programme-cadre, de la nécessité d'intégrer l'enseignement des valeurs aux cours de sciences. Cet enseignement provoquera inévitablement des discussions sur certaines questions épineuses et controversées.

Il est important que de telles discussions aient lieu. Elles devraient en général porter sur un point précis et les élèves devraient tous pouvoir exprimer leur opinion. On demande donc aux professeurs de sciences de bien connaître la section 10 de la 1^{re} partie, «Les valeurs et le programme de sciences», et de prêter une attention particulière aux principes qu'il faut observer lorsqu'on traite de questions épineuses dans le programme de sciences. La sous-section 10.2 porte sur ces principes.

Unités élaborées à l'échelon local

Parmi les unités facultatives de chacun des cours décrits dans cette 10^e partie, il y en a une qui s'intitule «Unité élaborée à l'échelon local». L'objet de cette unité est de permettre aux enseignants qui le désirent d'initier les élèves à un nouveau domaine qui n'est pas décrit dans le programme-cadre, d'ajouter des éléments qui étofferont des unités ou sujets déjà étudiés, ou d'augmenter le nombre d'heures réservées aux unités obligatoires. (Voir la sous-section 5.5 de la 1^{re} partie.)

Évaluation du rendement des élèves

La section 5 de chaque unité décrite dans le présent document porte sur certaines composantes qui doivent être incluses dans la note cumulative (examens officiels non compris) au moment de l'évaluation du rendement de l'élève. Dans la plupart des unités, on demande aux enseignants d'évaluer les travaux de laboratoire et les comptes rendus d'expériences. Cependant, la façon dont la note sera répartie variera selon les enseignants. Pour bien faire ressortir l'importance des travaux pratiques, au moins 15 pour 100 de la note globale du cours doit porter sur les travaux de laboratoire et les comptes rendus d'expériences.

Renvois

Des renvois entre parenthèses figurent dans la description des unités apparaissant dans le présent document. Ces renvois servent à illustrer quelques-uns des liens qui existent entre les éléments de l'unité.

Particularités des cours de physique appliquée et de sciences de la technologie

Unités d'étude et nombre d'heures allouées à chacune

Les tableaux suivants donnent une vue d'ensemble des unités d'étude prévues pour les cours de physique appliquée et de sciences de la technologie de 12^e année, niveau général, ainsi que le nombre d'heures allouées à chacune.

Physique appliquée, 12^e année, niveau général (SPA4G)

Unités d'étude	Durée
----------------	-------

Obligatoires

1. Le son	18 h
2. La lumière et la couleur	18 h
3. La chaleur	18 h
4. L'énergie électrique	18 h
5. Le mouvement	18 h
	<u>90 h</u>

Facultatives

En choisir deux parmi les suivantes :

1. Les fluides	10 h	} 20 h
2. L'énergie nucléaire	10 h	
3. Les propriétés des solides	10 h	
4. Unité élaborée à l'échelon local	10 h	
		<u>110 h</u>

Sciences de la technologie, 12^e année, niveau général (STE4G)

Unités d'étude	Durée
----------------	-------

Obligatoires

1. Le langage et les calculs de la chimie	16 h
2. La thermochimie	16 h
3. Les analyses chimiques	17 h
4. La cinématique	16 h
5. La statique	12 h
6. La cinétique	21 h
	<u>98 h</u>

Facultatives

En choisir une parmi les suivantes :

1. Les fluides	12 h	} 12 h
2. Les machines	12 h	
3. Les matériaux	12 h	
4. Unité élaborée à l'échelon local	12 h	
		<u>110 h</u>

Quelques méthodes d'enseignement

Physique appliquée

Ce cours est le premier cours de physique de niveau général offert aux élèves du palier secondaire. Pour la plupart des élèves qui le choisiront, ce sera le seul cours de physique qu'ils suivront pendant leurs études. Les principaux objectifs du cours sont de permettre à ces élèves de mieux comprendre le monde qui les entoure et d'améliorer certaines aptitudes : observation, raisonnement, communication, recherche, et travail en groupe. Pour que ces objectifs puissent être atteints, il est essentiel qu'un certain nombre de travaux pratiques soient insérés dans chaque unité. Il serait bon que les enseignants renseignent les élèves sur les divers débouchés professionnels liés aux sujets abordés et qu'ils attirent leur attention sur les applications pratiques des notions apprises pendant le cours. Parmi les buts du programme de sciences décrits dans la 1^{re} partie, les plus pertinents à ce cours et aux élèves qui le suivront sont les suivants :

- une connaissance des techniques en tant qu'application pratique des principes et des connaissances scientifiques;
- savoir trouver et utiliser des données scientifiques;
- prendre conscience des débouchés professionnels offerts par le secteur des sciences et de la technologie;
- prendre conscience que de bonnes connaissances scientifiques facilitent l'organisation de leur vie personnelle.

Préparer les élèves à d'autres cours de sciences et de technologie constitue un deuxième objectif du cours. C'est l'une des raisons pour lesquelles le cours doit offrir un bagage utile aux élèves qui s'orienteront vers des études techniques au niveau postsecondaire. Les élèves qui souhaitent suivre un programme de technologie auraient intérêt à s'inscrire aussi au cours de sciences de la technologie.

Les notions fondamentales de la physique et des mathématiques se limitent à celles qui sont essentielles et applicables aux unités choisies. Les enseignants ne doivent pas trop insister sur les mathématiques, car ils risquent d'aviver les frustrations des élèves et de diminuer leur motivation. Les cours de sciences de la technologie de 12^e année comportent des notions de physique et de mathématiques plus avancées.

L'évaluation globale du rendement des élèves doit témoigner de l'importance accordée aux travaux de laboratoire et comporter d'autres éléments, comme il est indiqué à la 1^{re} partie. Dans le présent cours, l'évaluation de chaque unité est précisée pour 50 pour 100 de la note cumulative; le reste doit être établi par l'enseignant ou l'enseignante. On recommande d'évaluer l'attitude et les habitudes de travail des élèves, dont leur capacité à travailler en groupe, à écouter attentivement et poliment et à se concentrer sur leur travail.

La motivation est la clé de la réussite pour ceux qui donnent ce cours. Au niveau général, les enseignants devront déployer plus d'efforts qu'au niveau avancé afin de faire ressortir la pertinence du matériel étudié et de capter l'intérêt des élèves. Une ou plusieurs suggestions quant à la présentation du sujet apparaissent au début de chaque unité. Également au début de chaque unité, les enseignants trouveront plusieurs suggestions qu'ils se garderont de percevoir comme des obligations : c'est une banque d'idées où ils peuvent choisir celles qu'ils préfèrent.

L'unité facultative intitulée «Unité élaborée à l'échelon local» peut servir à l'introduction d'un nouveau domaine de la physique qui n'est pas décrit dans le programme-cadre ou de nouveaux éléments qui étofferont certaines des unités déjà étudiées. Dans ce dernier cas, on évitera les sujets du domaine de la physique qui figurent dans le cours de sciences de la technologie, sauf s'il est probable que les élèves ne choisiront pas ce cours.

Sciences de la technologie

Ce cours est conçu pour que les élèves du niveau général puissent acquérir des aptitudes dans divers domaines d'application de la technologie et se préparer aux cours techniques qu'offrent les collèges d'arts appliqués et de technologie.

Puisque le cours sert de pont entre les cours de sciences de niveau général des écoles secondaires et les programmes de technologie des collèges communautaires, il met l'accent sur le raisonnement abstrait et sur la capacité des élèves de manipuler des variables complexes. On y accorde aussi beaucoup d'importance à l'aspect pratique et appliqué des sciences, de sorte que les élèves puissent développer leurs aptitudes dans les domaines de la collecte, de la structuration, de l'interprétation et de la communication des données.

Le cours est conçu pour consolider les connaissances et les aptitudes acquises par les élèves dans les cours de chimie appliquée et de physique appliquée. Les enseignants devraient donc connaître le contenu de ces cours pour que le cours actuel complète les études antérieures.

L'unité facultative intitulée «Unité élaborée à l'échelon local» peut servir à plusieurs fins : introduire un nouveau domaine de la technologie qui n'est pas décrit dans le programme-cadre, ajouter de nouveaux éléments qui étofferont certaines des unités déjà étudiées, augmenter le nombre d'heures réservées aux unités obligatoires (douze heures de plus), ou faire des recherches pour des projets de sciences et de technologie dans le cadre d'expositions sur les sciences.

La sous-section 8.2 de la 1^{re} partie du programme-cadre présente la liste des unités SI que les élèves doivent connaître dès la fin de la dixième année. Dans les cours du cycle supérieur, il est évident que cette liste sera plus longue pour les élèves inscrits à des cours de sciences. On utilisera de préférence les unités SI et celles-ci devraient toujours être mentionnées; cependant, dans certains secteurs, il est possible que les unités du système impérial soient encore d'usage général, et dans ce cas, il faudrait les indiquer.

.....

Physique appliquée, 12^e année, niveau général (SPA4G)

Unités obligatoires

Le son
La lumière et la couleur
La chaleur
L'énergie électrique
Le mouvement

(90 heures)

Unités facultatives

Les fluides
L'énergie nucléaire
Les propriétés des solides
Unité élaborée à l'échelon local

(20 heures)

Le son

Durée : 18 heures

Grâce à nos oreilles, nous pouvons percevoir et interpréter les sons. Ces organes sont extrêmement sensibles et décèlent d'infimes variations de pression. Fait étonnant, la gamme des variations de pression qu'elles peuvent tolérer est aussi extrêmement grande. Le son joue un rôle important dans notre vie : il nous permet de communiquer entre nous, de nous instruire et de profiter de tous les moments de l'existence.

La musique joue un rôle important dans la vie de nombreuses personnes; l'étude des caractéristiques du son est donc un élément tout à fait pertinent. Des sons d'intensité élevée ou même modérée, s'ils sont subis pendant une longue période, peuvent affecter non seulement l'oreille, mais l'état général d'une personne. La régulation et le modelage des sons que nous percevons sont à l'origine de toute une gamme de métiers et professions.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les sources de sons et la voix humaine
- Le son, onde longitudinale
- Les caractéristiques du son
- La perception des sons et l'oreille humaine
- Les effets sonores spéciaux (interférence, résonance, réverbération, effet Doppler, par exemple)

Un tourne-disque ou un magnétophone jouant une chanson populaire et connecté à un oscilloscope devrait intéresser les élèves. À partir de là, on pourrait observer l'aspect visuel d'une empreinte vocale amplifiée et relayée à l'oscilloscope. Il existe des matériels et des logiciels capables de produire une copie imprimée de l'empreinte vocale des élèves. En discutant avec les élèves de films ou d'émissions de télévision qu'ils connaissent bien, il est possible que quelques-uns d'entre eux se souviennent d'une scène où un ordi-

nateur interdisait l'ouverture d'un verrou sauf si ce dernier reconnaissait une certaine empreinte vocale.

Les enseignants pourraient ensuite discuter avec les élèves des métiers et professions où la connaissance de ces ondes est importante. Les techniciens du son des orchestres rock ou des postes de radio ou de télévision, les concepteurs de synthétiseurs et les personnes responsables des effets musicaux spéciaux seront tous plus ou moins familiarisés avec ces profils d'onde.

Enfin, on pourrait utiliser le profil d'un son pur (celui d'un diapason ou d'un générateur de signaux, par exemple), pour démontrer que, sous sa forme la plus simple, le son peut être représenté comme une onde simple. Il est essentiel de connaître ces ondes simples pour comprendre les ondes sonores plus complexes que produisent les objets qui nous entourent.

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à s'interroger sur la façon dont nous entendons les sons (4b, 5b);
- b) à s'intéresser à la façon dont les sons sont produits;
- c) à se soucier des dommages que peut provoquer un son puissant comme la musique forte ou le bruit en milieu de travail (de 5b à 5d);
- d) à se rendre compte que certains bâtiments sont conçus de façon à mettre en valeur ou à éliminer les sons (4d, 4f, 4i, 5d).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) trouver les causes de la modification des caractéristiques du tracé d'une onde sonore sur l'oscilloscope (3d);
- b) tracer des diagrammes illustrant la façon dont la ligne ondulée apparaissant sur l'oscilloscope se modifie en fonction de la fréquence, de l'intensité ou de la qualité d'un son (3d);
- c) tracer des diagrammes illustrant les caractéristiques des ondes transversales et des ondes longitudinales (3b);
- d) noter et présenter des observations sous forme de tableau ou de graphique (3a, 3f, 3i);
- e) interpréter leurs observations pour tirer des conclusions (i) sur la façon dont l'absence de milieu matériel influe sur la transmission du son (3b); (ii) sur le rapport entre la tension, la longueur et le diamètre d'une corde et la fréquence d'un instrument à corde (3f); (iii) sur le rapport entre les propriétés d'une surface et la réflexion du son (3j);
- f) se servir de chronomètres, pendules, diapasons, générateurs de signaux, amplificateurs, oscilloscopes et colonnes d'air de résonance dans l'étude des caractéristiques et du comportement des sons et des vibrations (3a, 3d, 3e, 3g);
- g) déterminer les fréquences audibles d'une autre personne à l'aide d'un générateur de signaux et d'un amplificateur.

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) décrire l'origine de n'importe quel son;
- b) énoncer les facteurs qui influent sur la fréquence d'un pendule;
- c) expliquer la différence entre une onde transversale et une onde longitudinale et légender correctement un diagramme de chacune de ces ondes;
- d) illustrer à l'aide d'un croquis la différence entre interférence constructive et interférence destructive;
- e) prouver que la transmission du son ne peut se faire que dans un milieu matériel;
- f) nommer les parties de l'oreille et préciser la façon dont celle-ci transforme le son en impulsion nerveuse;
- g) décrire les facteurs pouvant contribuer à la perte de l'acuité auditive et les façons de réduire leurs effets;
- h) préciser quelles sont les caractéristiques d'une onde qui déterminent le timbre, la force et la qualité d'un son;
- i) calculer la longueur d'onde d'un son d'après sa vitesse et sa fréquence, en utilisant la formule $v = f\lambda$;
- j) décrire un cas d'interférence sonore (2g);
- k) expliquer comment on peut illustrer la réflexion du son;
- l) décrire les méthodes que l'on peut appliquer chez soi et dans l'industrie pour réduire la réflexion sonore;
- m) décrire des cas de résonance;
- n) indiquer la vitesse du son et décrire l'effet de la température sur celle-ci;
- o) préciser l'étendue de l'ouïe et décrire les utilisations des ondes infrasonores et ultrasoniques.

2. Quelques méthodes d'enseignement

- a) En appuyant l'extrémité d'un diapason qui vibre sur l'os maxillaire et en posant la main sur l'oreille du côté opposé de la tête, les élèves peuvent faire de façon simple mais intéressante l'expérience de la conductivité du son à travers les os.
- b) Pour prouver aux élèves que le son est une onde de pression et que l'énergie est transmise par le mouvement de l'onde et non par l'air lui-même, l'enseignant ou l'enseignante peut placer une bulle de savon à l'extrémité d'une trompette ou d'un autre instrument analogue. La bulle demeure intacte, même quand on joue de la trompette.
- c) On peut recourir à divers milieux de transmission sonore comme l'air, l'eau et un solide, par exemple, le dessus d'un bureau ou une tige métallique. Dans les classes disposant d'une pompe et d'une cloche à vide, on pourra montrer aux élèves que le son ne peut se transmettre en l'absence de milieu matériel.
- d) Il existe des logiciels illustrant par animation le comportement d'une onde longitudinale.
- e) À l'aide d'un stroboscope réglé correctement, on peut créer l'illusion que les branches d'un diapason à basse fréquence (128 Hz, par exemple) vibrent au ralenti.
- f) Un haut-parleur qui n'est pas assemblé et que l'on connecte à un magnétophone ou à un tourne-disque restituera mal les sons. Le même haut-parleur installé dans une ouverture à sa mesure sur une feuille de contre-plaqué produira un son d'une qualité nettement supérieure. Cette démonstration efficace de l'interférence pourrait facilement mener à une discussion ou à des recherches sur la conception des haut-parleurs.
- g) Grâce à un long tube de carton (du type sur lequel on enroule les tapis pour l'expédition) soigneusement mis en place sur un brûleur Bunsen bien réglé, on peut faire une démonstration impressionnante de la résonance. (Les enseignants doivent veiller à ne pas mettre le feu au tube de carton.) En glissant un tube un peu plus gros sur le premier, on peut modifier la longueur de la colonne d'air et démontrer ainsi le principe fondamental du trombone.
- h) L'inhalation d'hélium change le timbre de voix d'une personne parce que cela modifie la vitesse du son et, par conséquent, la fréquence de résonance du larynx.
- i) On peut démontrer la réverbération et le temps de réverbération d'une pièce en y enregistrant à haute vitesse un applaudissement, puis en faisant jouer l'enregistrement à vitesse lente.
- j) On pourrait demander à un ou à une élève qui a une guitare de montrer de quelle façon le battement peut servir à accorder l'instrument.
- k) Un ou une élève qui possède un clavier électronique ou un synthétiseur pourrait illustrer nombre de caractéristiques du son. De plus, la plupart des ordinateurs ont d'étonnantes capacités de synthèse du son. Certains élèves pourraient vouloir en faire un projet spécial et préparer une démonstration pour la classe.
- l) Les élèves peuvent former un orchestre dont les instruments sont des bouteilles d'eau gazeuse remplies à des niveaux différents de façon qu'en soufflant dans l'une ou l'autre, ils puissent produire toutes les notes de la gamme.
- m) À l'aide de cuves à ondes, on peut illustrer visuellement la façon dont les ondes sonores (et par conséquent le son) se courbent lorsqu'elles atteignent un angle, provoquent des interférences destructives à un endroit et constructives à un autre, et sont réfléchies par des surfaces de formes diverses.
- n) L'unité se prête bien à la mise en place d'un certain nombre de centres d'activités dans la classe. Il est possible de répartir les élèves entre les diverses activités et de les faire changer de groupe à tour de rôle.
- o) Si cette unité est la première à être enseignée, les enseignants indiqueront aux élèves comment préparer les comptes rendus de laboratoire. Plus les élèves avanceront dans le cours, plus on devrait leur confier de responsabilités sur le plan de la

structuration de leurs observations et de la communication des résultats.

- p) Une équipe d'élèves munie d'une caméra vidéo pourrait se rendre à l'hôpital le plus proche et préparer une bande vidéo de courte durée sur l'utilisation de l'ultrasonographie en médecine.
- q) La gérante ou un vendeur d'un magasin spécialisé dans le matériel stéréophonique de qualité pourrait venir parler aux élèves des critères à considérer à l'achat d'une chaîne stéréophonique.
- r) On pourrait inviter un agent ou une agente de police à expliquer aux élèves en quoi le radar routier se fonde sur le principe de l'effet Doppler.
- s) Certains enseignants voudront peut-être enseigner cette unité parallèlement à celle sur la lumière, afin d'illustrer les analogies et les différences entre la lumière et le son.

3. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) déterminer la fréquence d'un pendule qui vibre et l'effet que la masse, l'amplitude vibratoire et la longueur du pendule ont sur cette fréquence;
- *b) à l'aide d'un Slinky, produire des ondes transversales et des ondes longitudinales et reconnaître la différence existant entre les deux types d'ondes;
- *c) étudier, à l'aide d'un Slinky ou d'un autre moyen leur permettant de produire facilement des ondes, les interférences constructives et les interférences destructives;
- *d) à l'aide d'un oscilloscope, préciser l'effet des variations de timbre, de puissance et de qualité du son sur l'onde sonore.

Les élèves devraient faire au moins trois des activités suivantes. Les élèves doivent :

- e) calculer la vitesse du son dans l'air;
- f) étudier qualitativement, à l'aide d'une guitare ou d'un autre instrument à cordes, les facteurs qui influent sur la fréquence d'une corde tendue;
- g) étudier la résonance mécanique à l'aide d'un appareillage, par exemple, des pendules de longueurs différentes fixés à un morceau de bois lui-même lié par des cordes à des tiges fixes;
- h) étudier la résonance acoustique à l'aide de diapasons posés sur des caisses de résonance;
- i) étudier les battements (effet spécial d'interférence) à l'aide de diapasons montés sur des caisses de résonance;
- j) étudier la résonance dans des colonnes d'air (il devrait s'agir d'une étude semi-quantitative au cours de laquelle les élèves constateront qu'un certain nombre de colonnes de longueurs différentes résonnent à une fréquence spécifique, et que plus

la fréquence est élevée, plus la première longueur de résonance est courte et plus les longueurs de résonance sont rapprochées);

- k) étudier la réflexion et l'absorption du son à l'aide de surfaces et de matériaux différents;
- l) étudier l'interférence sonore.

4. Applications

- a) Le vol des aéronefs supersoniques doit être confiné à certains corridors de vol afin que l'onde de pression, le *bang supersonique*, n'endommage pas les immeubles.
- b) Les ultrasons sont utilisés en médecine, dans les essais non destructifs des matériaux, le nettoyage, la stérilisation, les dispositifs de sécurité et la lutte contre les insectes.
- c) Les sons à fréquence et à intensité élevées peuvent causer des dommages structuraux aux matériaux.
- d) Dans la conception des structures, des immeubles et des théâtres, on tient compte de la suppression ou de la réduction du son, de sa mise en valeur et de sa réflexion.
- e) Les navires de la marine militaire et de la marine marchande ainsi que les bateaux de pêche ou de plaisance sont équipés d'un dispositif bathymétrique appelé *sonar*.
- f) La conception et l'installation des haut-parleurs (enceintes) stéréophoniques se fondent sur une connaissance des interférences sonores. Les démonstrations d'appareils de stéréophonie ont souvent lieu dans des salles conçues à cet effet.
- g) Les microphones servant à l'enregistrement du chant des oiseaux sont construits sur les mêmes principes qu'une antenne parabolique. À l'occasion d'événements sportifs, les équipes de télévision se servent de ce type de microphone pour recueillir les propos des joueurs sur le banc et sur le terrain.
- h) On applique le principe de la résonance dans la conception des instruments de musique et dans les orchestrations.
- i) Chez soi, on peut amortir les niveaux sonores en ayant recours à des matériaux qui absorbent les sons (construction et ameublement).
- j) Les studios d'enregistrement peuvent, grâce aux possibilités de l'électronique, modifier la forme d'une onde et, par conséquent, sa sonorité.
- k) Les synthétiseurs électroniques résultent d'une étude approfondie des formes d'ondes que produisent divers instruments et de la reproduction électronique de ces ondes.

5. Incidences sociales

- a) La musique fait partie de la vie quotidienne de la plupart des gens.
- b) Certaines personnes écoutent de la musique à une intensité sonore telle qu'elles risquent d'endommager leur ouïe; pourtant, au travail, elles ne tolèrent pas des sons dont l'intensité est moindre.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

- c) Les gens sont très sensibilisés à la pollution par le bruit. Pour choisir l'emplacement des artères de circulation et des couloirs des avions supersoniques, le gouvernement devrait consulter divers groupes de pression.
- d) Les particuliers et les entreprises consacrent des sommes énormes à la réduction des niveaux de bruit, que ce soit à la maison, au travail ou dans l'environnement.

6. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) l'explication des observations faites au laboratoire;
- b) les diagrammes des types d'onde, de l'oreille, des variations dans les caractéristiques sonores, de l'interférence et de la résonance.

7. Mesures de sécurité à envisager

- a) Les dispositifs électroniques et d'alimentation devraient être approuvés par un organisme approprié.
- b) Si les élèves doivent brancher des circuits électriques, l'alimentation ne devrait être établie que lorsque l'enseignant ou l'enseignante aura vérifié la continuité et la polarité des circuits.
- c) Les enseignants doivent veiller à ce que les sons produits ne soient ni trop intenses ni trop près des oreilles.
- d) Consulter aussi l'unité obligatoire n° 4, «L'énergie électrique».
- e) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

8. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) utiliser un sonomètre pour déterminer l'intensité sonore à certains endroits et à certaines distances par rapport à une source; les résultats peuvent être illustrés sur des graphiques ou des tableaux;
- b) accorder un instrument comme une guitare ou une clarinette d'après la fréquence du battement;
- c) traiter de l'utilisation des ondes sonores réfléchies (sonar) dans le calcul de la profondeur de l'eau;
- d) faire un exposé sur des sujets comme : (i) la conception et le fonctionnement des enceintes d'une chaîne stéréophonique, (ii) la conception d'un synthétiseur électronique, (iii) la voix humaine.

Unité obligatoire n° 2

La lumière et la couleur

Durée : 18 heures

L'œil reçoit une multitude d'informations sensorielles; la vue est d'ailleurs l'un des sens auquel on attache une grande valeur. La lumière (parfois lasérisée) joue un rôle de plus en plus important dans la vie des Nord-Américains. Quelques exemples d'application : les communications téléphoniques par fibre optique, les codes universels qui indiquent le prix des produits et qui renferment d'autres renseignements sur les marchandises, la chirurgie au laser, les fibres optiques servant à l'examen du corps. Notre environnement est embelli par la couleur, laquelle revêt une grande importance à de nombreuses occasions. Dans cette unité, les élèves étudieront la réflexion et la transmission de la lumière et de la couleur et arriveront à mieux comprendre la façon dont on se sert de la lumière.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La réflexion
- Les miroirs plans et les miroirs courbes
- La réfraction et la réflexion interne
- Les lentilles convexes et les lentilles concaves
- La couleur
- L'œil

Il existe un certain nombre d'expériences susceptibles de susciter l'intérêt des élèves. Ainsi, on peut leur donner l'occasion d'examiner un hologramme de bonne qualité et leur expliquer comment l'utilisation des hologrammes sur les cartes de crédit rend la contrefaçon de celles-ci plus difficile (application simple).

On peut projeter un rayon laser dans la pièce et demander aux élèves si ce faisceau serait visible dans une pièce obscure. On plonge ensuite la pièce dans l'obscurité pour que les élèves constatent

que le faisceau laser est invisible, sauf si l'on ajoute sur sa trajectoire de la poussière ou du brouillard. On peut ensuite discuter des films d'anticipation dans lesquels les acteurs utilisent des armes au laser.

Voici d'autres éléments que l'on pourrait utiliser pour entamer des discussions sur les applications utiles de la lumière dans le monde moderne :

- la démonstration d'un lecteur de disques laser et ses avantages sur les tourne-disques ordinaires
- la transmission de la voix par faisceau laser ou autre faisceau lumineux
- la démonstration d'une lampe à fibres optiques

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à se rendre compte à quel point la vision est importante, d'où la nécessité de prendre bien soin de leurs yeux (4h);
- b) à constater que la couleur a des effets psychologiques;
- c) à saisir les rapports existant entre les principes fondamentaux de la physique et leurs applications (4a, 4c, de 4e à 4g, 4i).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) utiliser des réseaux de diffraction pour déterminer les couleurs transmises par un filtre teinté monté sur une source incandescente de lumière blanche (de 2k à 2m);
- b) observer des images sur des miroirs plans ou sphériques et des lentilles convexes ou concaves (2b);
- c) situer les images produites par un miroir plan ou concave et des lentilles convexes (2b);
- d) formuler des généralisations sur l'emplacement et les caractéristiques des images produites par des miroirs plans et des miroirs sphériques (2b, 2c);
- e) tracer des diagrammes illustrant les effets des surfaces planes, inégales ou courbées sur les rayons lumineux parallèles (2c);
- f) observer les effets de divers matériaux transparents sur la lumière qui les traverse, et tracer ensuite des diagrammes illustrant le parcours de la lumière (2h, 2i);
- g) construire des diagrammes de rayonnement à l'échelle pour trouver l'emplacement des images produites par les miroirs concaves et les lentilles convexes, d'après la distance focale et l'emplacement de l'objet (2j);
- h) établir la distance focale d'un miroir concave ou d'une lentille convexe (2d);
- i) manipuler le matériel d'un banc optique pour préciser les caractéristiques de l'image en fonction de diverses positions de l'objet, tant pour un miroir concave que pour une lentille convexe (2c, 2e);

- j) interpréter des observations sur la réfraction de la lumière à travers une plaque de plastique ou de verre, afin d'élaborer les principes généraux régissant la réfraction (2k);
- k) mesurer les angles d'incidence, de réflexion et de réfraction lors des recherches effectuées à l'aide de boîtes à rayons et de surfaces réfléchissantes ou réfringentes (2a);
- l) déterminer de quelle anomalie visuelle (myopie, presbytie ou astigmatisme) souffre une personne en tenant à bout de bras ses lunettes et en regardant à travers les verres.

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) expliquer la raison pour laquelle les surfaces polies produisent des reflets, contrairement aux surfaces rugueuses;
- b) légender un diagramme de la réflexion d'un miroir plan : rayon incident, rayon réfléchi, angle d'incidence et angle de réflexion (2a);
- c) énoncer les lois de la réflexion;
- d) dresser la liste des caractéristiques de l'image produite par un miroir plan (2a);
- e) sur un diagramme représentant un miroir sphérique, trouver l'emplacement du sommet, du centre de courbure, de l'axe principal, du foyer principal, de la distance focale;
- f) décrire les changements de direction que subit la lumière lorsqu'elle passe obliquement dans un matériau transparent de densité optique différente (2h);
- g) décrire l'effet d'une forme transparente (i) convexe et (ii) concave sur des rayons lumineux incidents parallèles (2i);
- h) reconnaître les parties de l'œil jouant un rôle direct sur la formation de l'image sur la rétine et décrire leurs fonctions;
- i) donner la signification des termes (i) myopie, (ii) presbytie et (iii) astigmatisme; trouver certaines causes possibles à ces anomalies et indiquer le genre de lentilles correctrices nécessaires pour chacune;
- j) décrire la marche à suivre pour prouver que la lumière blanche se compose des couleurs du spectre (2m);
- k) expliquer les raisons pour lesquelles les objets semblent d'une certaine couleur s'ils sont éclairés par une lumière de plusieurs couleurs (2l);
- l) expliquer le fonctionnement d'un filtre coloré;
- m) expliquer de quelle façon la fibre optique transmet la lumière aux angles;
- n) expliquer de quelle façon des écrans polarisés qui sont bien orientés peuvent absorber presque toute la lumière incidente qu'ils reçoivent (2n).

2. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Dans cette unité, les élèves peuvent effectuer de nombreuses activités. Règle générale, les boîtes à rayons émettant un ou plusieurs rayons de lumière peuvent servir à l'étude du comportement de la lumière en deux dimensions (plan). Pour l'étude tridimensionnelle de la lumière, on peut utiliser des bancs optiques.
- b) On peut illustrer la réflexion et la réfraction lumineuses à l'aide d'un aquarium partiellement rempli d'eau. En ajoutant quelques gouttes de lait à l'eau, on pourra voir un faisceau ressemblant à celui du laser. Si l'on ajoute de la fumée dans l'air au-dessus de l'eau, le faisceau sera nettement visible dans l'air.
- c) Si l'on utilise comme miroir une plaque de verre et comme objet, une bougie allumée, on peut placer une autre bougie de même taille, mais éteinte, derrière la plaque de verre, pour trouver l'emplacement de l'image. Ceci illustre très bien la parallaxe et montre clairement que l'image est située derrière le miroir et non sur sa surface.
- d) On peut demander à des élèves de se placer en face d'un grand miroir concave et de tendre un bras vers le miroir; ils verront alors l'image de leur main et de leur bras se diriger vers eux, dans l'espace situé entre eux et le miroir.
- e) À l'aide d'un sténoscope, on peut présenter et illustrer la terminologie utilisée pour décrire les images.
- f) En tenant les lunettes d'une personne à bout de bras pour examiner un objet éloigné, on peut diagnostiquer les anomalies communes de la vision comme la myopie (les objets semblent plus petits), la presbytie (les objets semblent plus gros, ou inversés et plus petits) et l'astigmatisme (les objets semblent déformés).
- g) À l'aide des tableaux ou dépliants spéciaux que l'on peut se procurer facilement, on peut tester tous les élèves pour déterminer s'ils sont daltoniens. Il n'est pas rare que des élèves ne sachent pas qu'ils sont daltoniens.
- h) Dans certains métiers et professions (décorateurs d'intérieur ou pilotes d'hélicoptère, par exemple), on doit pouvoir distinguer parfaitement les couleurs.
- i) Les réseaux de diffraction de mesure directe parviennent très efficacement à disperser la lumière. On peut s'en servir pour illustrer les notions abordées dans la section sur les couleurs.
- j) Des gens dont le métier ou la profession suppose une certaine connaissance de la lumière pourraient venir parler de leur travail aux élèves : photographe, technicienne en optométrie, décorateur d'intérieur, polisseur de lentille, vendeuse d'appareils photo, inspecteur de la santé et de la sécurité, technicienne en criminalistique, etc.

- k) On pourrait demander à des élèves de se renseigner sur les exigences en matière d'éclairage des lieux publics et de mesurer ensuite l'intensité lumineuse à certains endroits de l'école.
- l) À l'aide de simples filtres polarisants, on peut illustrer comment la lumière réfléchi sur les surfaces non métalliques est en partie polarisée, tout comme la lumière naturelle.
- m) On pourrait demander à un gérant ou à une gérante de magasin de venir expliquer aux élèves les renseignements que contient le code universel de produit et la façon dont ces renseignements sont utilisés dans son commerce.
- n) Un esthéticien ou une esthéticienne ayant reçu une formation dans l'analyse des couleurs pourrait être invité(e) à déterminer à quelle «saison» appartient telle ou telle personne et à démontrer comment cela influe sur les couleurs vestimentaires qu'elle devrait porter.
- o) On peut se procurer des yeux dans un abattoir et demander aux élèves de les disséquer et d'en observer les différentes parties. S'il s'agit de l'œil d'un animal récemment abattu, le cristallin sera suffisamment clair pour que les élèves puissent déterminer sa distance focale.

3. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) comparer l'angle d'incidence et l'angle de réflexion d'un rayon lumineux réfléchi à partir d'un miroir plan;
- *b) trouver l'emplacement de l'image produite dans un miroir plan et préciser les caractéristiques de cette image;
- *c) déterminer l'effet des surfaces réfléchissantes concaves et convexes sur des rayons lumineux parallèles;
- *d) déterminer la distance focale d'un miroir concave et trouver l'emplacement de l'image produite par ce miroir, en fonction de diverses positions de l'objet;
- e) déterminer les caractéristiques de l'image produite par un miroir convexe si l'objet est placé en face du miroir;
- *f) déterminer les parcours d'un certain nombre de rayons lumineux différents qui frappent un prisme rectangulaire;
- g) déterminer le parcours de plusieurs rayons lumineux différents frappant le centre de la face plate d'un prisme semi-circulaire;
- h) étudier ce qui se produit si l'on augmente l'ouverture de l'angle d'incidence lorsque la lumière passe d'un matériau transparent à l'air, observer la réflexion interne totale et déterminer les conditions nécessaires pour qu'elle se produise;
- *i) étudier l'effet qu'ont des formes transparentes concaves et d'autres convexes sur des rayons lumineux parallèles;
- *j) déterminer la distance focale d'une lentille convexe et les caractéristiques d'une image produite en faisant varier les objets et la distance de la lentille;

- *k) disperser la lumière blanche à l'aide d'un prisme triangulaire ou d'un réseau de diffraction;
- *l) prendre note de l'apparence d'objets de couleur placés séparément sous une lumière rouge, bleue, jaune ou verte;
- m) prendre note de la couleur résultant du passage de la lumière blanche dans des filtres et des combinaisons de filtre;
- n) étudier diverses sources de lumière polarisée à l'aide de pellicules polarisées.

4. Applications

- a) Les systèmes lenticulaires servent dans nombre d'instruments d'optique courants, notamment les appareils photo, projecteurs, microscopes et télescopes.
- b) On peut observer nombre d'analogies dans le fonctionnement de l'œil et dans celui de l'appareil photo.
- c) Les fibres optiques trouvent un nombre croissant d'applications (diagnostic médical et transmission de l'information, par exemple).
- d) La réflexion interne totale est utilisée dans les jumelles à prisme, les télescopes et les appareils photo reflex mono-lentilles.
- e) Les miroirs de maquillage, les rétroviseurs et les miroirs de surveillance dans les magasins sont des miroirs courbes.
- f) Au théâtre, la couleur des décors et des costumes peut être modifiée à volonté par un éclairage faisant appel à diverses combinaisons de couleurs.
- g) L'agencement des couleurs et l'effet qu'elles produisent influencent la mode et les produits de beauté pour hommes et pour femmes.
- h) Les verres fumés polarisés éliminent l'éblouissement parce que la lumière réfléchie à partir de surfaces non métalliques est en partie polarisée.
- i) L'utilisation du code universel de produit et du rayon laser aux caisses enregistreuses des magasins permet aux entreprises de recueillir un grand nombre de renseignements.

5. Incidences sociales

- a) La mise au point d'instruments d'optique a donné naissance à la microbiologie, science dont les bienfaits sont multiples en médecine.
- b) Grâce au télescope, on a obtenu des renseignements sur la Lune, lesquels se sont avérés très utiles aux responsables des programmes spatiaux.
- c) Les applications techniques des principes physiques relatifs à la lumière et à la couleur ont donné lieu à de nombreuses inventions (dont les lasers), qui ont amélioré les techniques de recherche scientifique et la qualité de la vie.

6. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour cent de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les travaux de laboratoire et les comptes rendus d'activités;
- b) les expériences au laboratoire, dont la détermination exacte de la distance focale d'un miroir concave ou d'une lentille convexe;
- c) les diagrammes, y compris des diagrammes de rayonnement, illustrant le comportement de la lumière.

7. Mesures de sécurité à envisager

- a) Si l'on utilise des bougies comme source lumineuse, il faudrait élaborer et suivre des règles appropriées. Les boîtes à rayons ou dispositifs analogues peuvent servir à la détermination du parcours de la lumière dans des objets transparents. On peut utiliser, en même temps que les lentilles, des lampes ou d'autres sources pour réaliser des images. Tout le matériel électrique devrait avoir été approuvé sur le plan de la sécurité.
- b) Si l'on utilise des lasers dans cette unité, on doit demander aux élèves de ne pas regarder directement le rayon.
- c) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

8. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) étudier le système de lentilles d'un instrument d'optique (un télescope ou des jumelles, par exemple), et expliquer la façon dont il fonctionne;
- b) étudier la perception de la couleur et le daltonisme; les élèves peuvent vérifier s'il y a des daltoniens dans la classe; un optométriste ou une ophtalmologiste pourraient venir traiter de ces sujets en classe;
- c) faire des recherches sur l'importance des couleurs dans le secteur de la publicité et de la commercialisation des produits;
- d) observer la production d'épreuves à partir d'une pellicule photographique couleur;
- e) recenser les métiers et professions où la lumière et la couleur jouent un rôle.

Unité obligatoire n° 3

La chaleur

Durée : 18 heures

L'utilisation de l'énergie suppose presque toujours sa transformation en chaleur, laquelle est ensuite rejetée dans l'environnement. Cette énergie n'est donc plus totalement utilisable par la suite, d'où les inquiétudes quant aux réserves d'énergie de demain. L'énergie thermique elle-même trouve une vaste gamme d'applications dans la société moderne. Elle alimente les systèmes de transport et intervient dans la transformation et la fabrication de nombreux matériaux utilisés dans le secteur industriel et dans les biens de consommation. Dans cette unité, on insiste sur les transferts thermiques s'effectuant à partir de diverses sources ainsi que sur les systèmes de chauffage résidentiel et les notions s'y rattachant.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La chaleur et la température
- La théorie moléculaire cinétique
- La chaleur et les transferts thermiques : applications résidentielles
- Les courbes de réchauffement et de refroidissement
- Les échanges thermiques dans les mélanges
- La chaleur latente
- Les thermopompes

On pourrait se procurer un «oiseau qui boit» dans un magasin de jouets scientifiques. (Il faudrait de préférence en choisir un dans lequel on voit le mouvement du liquide.) On pourrait demander aux élèves de formuler des hypothèses sur les causes du mouvement de l'oiseau. Il ne faudrait pas leur donner tout de suite toutes les explications, mais reparler périodiquement de l'oiseau à mesure que les élèves avancent dans l'unité, de sorte qu'à la fin, ils comprennent son fonctionnement.

Comme autre activité, on pourrait verser du café dans un certain nombre de gobelets différents : gobelets en mousse de polystyrène, en carton, grands, petits, avec couvercle et sans couvercle. On demandera aux élèves dans quel ordre les gobelets atteindront une température donnée, par exemple, 60°C. L'explication complète se dessinera graduellement au cours de l'unité à mesure que l'on abordera des sujets comme les transferts thermiques et la quantité de chaleur.

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à saisir l'importance des transferts thermiques tant sur le plan des techniques que dans la nature (3c, 3h);
- b) à percevoir les effets possibles des progrès techniques (3h);
- c) à s'engager à ne pas gaspiller l'énergie.

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) mesurer la température, la masse et le volume de divers matériaux (de 3d à 3g);
- b) noter et structurer des données tirées des expériences et des activités (3);
- c) utiliser l'équation $Q = mc \Delta t$ pour résoudre les problèmes de transfert thermique;
- d) tracer et interpréter des courbes de réchauffement et de refroidissement (3d).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) énoncer les principaux points de la théorie moléculaire cinétique (2b);
- b) expliquer la différence entre la température et la quantité de chaleur dans le cadre de la théorie moléculaire cinétique;
- c) expliquer les mécanismes de transfert thermique par conduction, convection et rayonnement, dans les systèmes de chauffage domestique ou dans d'autres applications (2c, 3h, 4b);
- d) décrire l'effet qu'ont la couleur et la texture d'un objet sur le rayonnement et l'absorption de la chaleur (3b);
- e) interpréter la courbe de refroidissement ou de réchauffement d'une substance (2d);
- f) énoncer le principe des échanges thermiques dans les mélanges;
- g) utiliser la formule $Q = mc \Delta t$ et nommer les facteurs qui déterminent la quantité d'énergie thermique qu'une substance gagne ou perd;
- h) choisir les matériaux se prêtant le mieux au stockage de la chaleur, à partir des tableaux de capacité thermique spécifique;
- i) décrire le fonctionnement d'une thermopompe ou d'un réfrigérateur (3h).

2. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Si l'on ne dispose pas de suffisamment de matériel de laboratoire, les élèves peuvent passer à tour de rôle d'un poste de travail à un autre pour effectuer les expériences de transfert thermique.
- b) On peut préparer une maquette illustrant la théorie moléculaire cinétique grâce à un ou à plusieurs des moyens suivants : (i) utilisation d'appareils de démonstration (rétroprojecteurs à énergie moléculaire cinétique, générateurs électrostatiques ou autres appareils semblables); (ii) démonstrations du mouvement brownien; (iii) diffusion d'un parfum ou d'une autre odeur dans la pièce; (iv) diffusion d'une solution colorée dans un solvant incolore.
- c) On peut illustrer le transport de la chaleur entre un point dont la température est élevée et un autre dont la température est basse en demandant aux élèves de tremper les deux mains dans des bacs d'eau séparés, l'un très froid, l'autre chaud. Au bout de plusieurs minutes, les élèves trempent les deux mains en même temps dans un bac d'eau tiède.
- d) On peut déterminer le rapport entre le gain thermique et la masse à partir des courbes thermiques obtenues en relevant, à des intervalles d'une minute, la température de masses différentes d'un liquide que l'on fait chauffer. On peut se servir des données relatives à chaque liquide pour tracer une courbe de réchauffement sur un graphique de température-temps.
On peut démontrer que des substances différentes ont des capacités thermiques différentes à l'aide des courbes thermiques obtenues en laissant refroidir des masses identiques de liquides différents. Les liquides devraient être réchauffés par immersion dans un bain d'eau très chaude. La température de chaque liquide devrait être relevée à des intervalles d'une minute. Les élèves devraient utiliser ces données pour tracer une courbe thermique distincte pour chaque liquide, sur le même graphique.
- e) On peut dresser d'autres courbes thermiques en mettant de l'eau bouillante dans un calorimètre ou dans un autre récipient et en mesurant la vitesse de refroidissement. Le gobelet placé dans le calorimètre (ou récipient) peut être entouré de papier ou de mousse de polystyrène. Dans chaque cas, on peut déduire les propriétés isolantes du matériau de calfeutrage à partir de la courbe thermique de l'eau. Les enseignants pourraient organiser un concours : le gagnant ou la gagnante serait l'élève ayant conçu un récipient de dimensions données dans lequel l'eau bouillante serait restée chaude le plus longtemps.
- f) On peut verser des quantités identiques d'eau dans des contenants de couleurs différentes (argent ou noir, par exemple).

Ces contenants sont ensuite exposés à une source de chaleur comme une lampe à incandescence dans des conditions identiques, et à partir de la vitesse de réchauffement de l'eau, on peut tracer des courbes thermiques. Inversement, on peut tracer des courbes de refroidissement en laissant refroidir des quantités identiques d'eau dans des contenants de couleurs différentes.

- g) Pour déterminer le point de fusion de la glace, on peut placer des glaçons dans une masse connue d'eau chaude, à l'intérieur d'un calorimètre ou d'un gobelet en mousse de polystyrène. Il faut prendre la température de l'eau avant d'ajouter la glace. Remuer le mélange jusqu'à ce que la température atteigne 0°C, tout en relevant la température à des intervalles d'une minute. L'excédent de glace doit alors être enlevé et sa masse, mesurée. La masse finale d'eau dans le contenant doit être mesurée et la masse de glace fondue, calculée. En établissant le lien entre la perte de chaleur de l'eau chaude et le gain de chaleur de la glace, les élèves peuvent calculer le point de fusion de la glace.

On peut simplifier les opérations mathématiques lors du calcul de la chaleur de vaporisation de l'eau en utilisant une bouilloire électrique dont on connaît la puissance nominale. On verse de l'eau dans la bouilloire et on calcule la masse. On branche ensuite la bouilloire et, lorsque l'eau commence à bouillir, on met le chronomètre en marche. On laisse bouillir l'eau pendant une certaine période avant de débrancher la bouilloire et de mesurer à nouveau la masse. Il est ensuite facile de calculer la masse d'eau convertie en vapeur et l'énergie utilisée.

- h) Dans la mesure du possible, on devrait donner aux élèves la possibilité d'examiner de petits moteurs démontés, des maquettes de moteurs thermiques ou des climatiseurs.
- i) On peut demander aux élèves de communiquer avec des entreprises locales, puis de s'y rendre pour obtenir de la documentation et des renseignements sur les caractéristiques isolantes des matériaux, ainsi que sur les coûts et les caractéristiques de divers systèmes de chauffage résidentiels. Les élèves peuvent ensuite déterminer quel est l'isolant résidentiel le plus rentable ou le système de chauffage résidentiel le plus économique.

3. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- a) étudier les transferts thermiques par conduction, convection et rayonnement;
- b) déterminer au cours d'une expérience les effets de la couleur sur le rayonnement et l'absorption de la chaleur;

- c) étudier des échantillons d'isolants commerciaux et de matériaux de construction et la documentation pertinente, et en comparer les coûts et la valeur R;
- *d) effectuer des expériences sur la vitesse de réchauffement ou de refroidissement de divers liquides et, à partir des données obtenues, tracer les courbes de réchauffement et de refroidissement;
- *e) déterminer au cours d'une expérience la quantité d'énergie thermique échangée lorsqu'on mélange de l'eau chaude et de l'eau froide;
- *f) déterminer au cours d'une expérience la capacité thermique spécifique d'un métal;
- *g) préciser le point latent de fusion de la glace ou la chaleur latente de vaporisation de l'eau;
- *h) préparer une dissertation, un compte rendu ou une bande vidéo sur un sujet touchant la chaleur : le chauffage solaire passif, la pollution thermique, l'effet de serre, la pompe thermique à eau souterraine, les chaudières à haut rendement énergétique, l'énergie de la biomasse, l'hypothermie, les moteurs thermiques, l'économie d'énergie à la maison, l'énergie thermique et les organismes vivants, etc.

4. Applications

- a) Dans notre société, l'énergie thermique est l'une des principales sources d'énergie. La chaleur peut aussi servir à la production de l'électricité.
- b) Les fenêtres à verre thermique, les contre-portes et les matériaux isolants en général sont conçus d'après les principes des transferts thermiques.
- c) La terminologie ayant trait aux moteurs thermiques et à leurs principes de fonctionnement est utilisée dans la publicité des constructeurs d'automobiles (moteur 2 litres, injection du carburant, turbo-compression, etc.).
- d) La recherche d'énergies de remplacement et les méthodes de conservation de l'énergie se fondent sur la connaissance de la chaleur.
- e) Les astronefs, dont la navette spatiale, sont munis d'un bouclier thermique de céramique qui dissipe la chaleur.

5. Incidences sociales

- a) La pollution thermique des rivières et des lacs soulève des inquiétudes dans certaines régions du globe.
- b) Les multiples usages de l'énergie thermique ont amélioré le niveau de vie des Canadiens.
- c) Les maisons et les immeubles de l'avenir auront peut-être besoin de dispositifs originaux de chauffage et de refroidissement.

- d) L'économie d'énergie et la mise au point de sources d'énergie de remplacement prendront de l'importance à mesure que s'épuiseront les réserves de combustibles fossiles conventionnels.
- e) Les polluants de certains moteurs thermiques peuvent être extrêmement nocifs pour la santé et engendrer des problèmes environnementaux.

6. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les comptes rendus de laboratoire et les travaux pratiques (au moins 20 pour 100);
- b) les dissertations ou les comptes rendus sur les sujets liés à la chaleur;
- c) la résolution de problèmes.

7. Mesures de sécurité à envisager

- a) On ne devrait utiliser une flamme non protégée que dans un laboratoire bien ventilé, où les bureaux ou tables ont une surface plane, et qui est équipé d'un extincteur et d'une couverture ignifuge.
- b) Les élèves devraient porter des lunettes de protection s'ils se servent d'une flamme ou chauffent des liquides. Les cheveux et les vêtements amples devraient être attachés.
- c) Les liquides autres que l'eau devraient être chauffés dans un bain-marie ou sur une plaque chauffante et non sur un feu vif. Certains liquides ou leurs vapeurs prennent feu facilement.
- d) Lorsqu'on chauffe des liquides autres que l'eau, on devrait s'assurer que la ventilation est adéquate afin d'éliminer les vapeurs.
- e) S'il y a de l'alcool ou des gaz inflammables dans le laboratoire, on ne devrait pas utiliser de flamme non protégée.
- f) Les liquides volatils et l'alcool devraient être stockés dans des contenants approuvés, et ceux-ci devraient demeurer dans le secteur d'entreposage.
- g) Les élèves doivent prendre des précautions spéciales pour éviter de se brûler en manipulant des contenants et des liquides très chauds.
- h) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

8. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) évaluer l'efficacité avec laquelle divers matériaux et plans de maisons peuvent réduire les gains ou les pertes de chaleur;
- b) étudier des projets de moteur thermique;
- c) étudier les propriétés des céramiques utilisées comme bouclier thermique, ou encore les techniques de refroidissement adiabatique;
- d) étudier l'utilité de la télédétection dans la surveillance de la pollution, la gestion des cultures agricoles, la détection des cancers et l'exploration des ressources;
- e) préparer une maquette expliquant comment le système Terre-Soleil fonctionne comme un moteur thermique;
- f) étudier les causes possibles des glaciations;
- g) faire une étude des procédés d'extraction et de raffinage du pétrole.

L'énergie électrique

Durée : 18 heures

L'énergie électrique alimente des dispositifs qui font partie intégrante du mode de vie actuel, lequel serait très différent sans l'éclairage électrique, les machines à laver et à sécher, les réfrigérateurs, les ordinateurs et le téléphone. Nombre de procédés industriels existent parce que des moteurs électriques ont été conçus pour exécuter certaines tâches précises. Dans cette unité, les élèves étudieront certaines des notions fondamentales de l'électricité et du magnétisme et leurs applications techniques.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- ▀ Le courant, la tension et la résistance
- ▀ Les circuits électriques : en série et parallèles
- ▀ L'énergie, puissance et coûts
- ▀ Les moteurs à courant continu
- ▀ Les génératrices
- ▀ Les transformateurs
- ▀ Le transport de l'énergie électrique

Les enseignants peuvent montrer aux élèves certains procédés que l'on utilise pour produire de l'électricité et leur demander quelle est la conversion énergétique qui intervient. Voici quelques possibilités :

- ▀ *de l'énergie chimique à l'énergie électrique.* Deux plaques, l'une de zinc et l'autre de cuivre, insérées dans une pomme, une orange ou un autre fruit, produiront spontanément un gauchissement sur le galvanomètre.
- ▀ *de l'énergie thermique à l'énergie électrique.* Le thermocouple simple peut être chauffé, à la jonction de deux métaux, et produire de l'électricité.

de l'énergie lumineuse à l'énergie électrique. Une cellule photoélectrique exposée à la lumière produit du courant électrique.

de l'énergie mécanique à l'énergie électrique. Un aimant inséré dans une bobine génère de l'électricité.

Dans chaque cas, on peut demander aux élèves non seulement de décrire la conversion énergétique qui intervient, mais aussi de donner un exemple sur la façon dont chaque type de conversion est utilisé dans un appareil ou dispositif existant dans le commerce.

À titre de suivi, on pourrait confier à chaque élève des piles de lampe de poche, des ampoules miniatures et des bouts de fil, avec la tâche de faire allumer l'ampoule en utilisant le plus petit nombre possible d'éléments. Après avoir réussi cette tâche, les élèves pourraient tracer un diagramme schématique du circuit qu'ils ont réalisé.

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à s'intéresser au fonctionnement des dispositifs électriques (de 3a à 3d, 4a, 4d);
- b) à se rendre compte de l'énorme quantité d'énergie électrique que l'on doit produire pour répondre aux besoins de la société (3c, de 4c à 4e);
- c) à se préoccuper de ce que l'énergie électrique soit utilisée à bon escient (4e);
- d) à saisir la façon dont les chercheurs expliquent les phénomènes observés;
- e) à comprendre les risques que suppose un emploi dans le secteur de l'électricité;
- f) à s'intéresser aux divers débouchés professionnels liés à l'énergie électrique (de 3a à 3d, 4c, 4d).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) suivre des diagrammes pour construire des circuits électriques;
- b) dessiner des diagrammes de circuit dans le cadre d'un exercice technique visant à résoudre une question soulevée au cours d'une recherche;
- c) connecter correctement à un circuit des ampèremètres, des voltmètres et des ohmmètres;
- d) choisir les gammes de réglage appropriées sur les ampèremètres, les voltmètres et les ohmmètres;
- e) reporter la lecture d'un ampèremètre, d'un voltmètre ou d'un ohmmètre sur un graphique ou un tableau;
- f) à l'aide des rapports régissant la tension, la différence de potentiel et la résistance dans les circuits en série et les circuits parallèles, résoudre certains problèmes de circuits simples;

- g) faire le relevé d'un compteur électrique comme celui que l'on trouve dans toutes les résidences, et qui sert à l'enregistrement de la consommation d'énergie électrique;
- h) à l'aide de l'équation $R = V/I$, effectuer des calculs simples sur un circuit électrique;
- i) trouver par déduction ce qui cause le grillage d'un fusible lorsqu'un grille-pain et une bouilloire sont branchés sur le même circuit.

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) trouver les quantités et les unités de chacun des termes de la formule de la loi d'Ohm;
- b) expliquer pourquoi, à la maison, à l'école ou dans l'entreprise, les prises de courant sont câblées en parallèle et non en série;
- c) constater qu'il est d'usage d'alimenter les résidences en courant de 120 V et de 240 V;
- d) expliquer de quelle façon un fusible ou un disjoncteur protège un circuit;
- e) expliquer, à l'aide d'un diagramme de moteur à courant continu, la raison pour laquelle le rotor tourne;
- f) déterminer la direction du courant, d'après le diagramme de la génératrice, et le sens du mouvement du rotor;
- g) expliquer la différence entre courant continu et courant alternatif;
- h) décrire les différences de construction et de fonction entre le transformateur élévateur de tension (survolteur) et le transformateur abaisseur de tension (dévolteur);
- i) indiquer le rapport existant entre le courant d'entrée et celui de sortie, la tension et la puissance d'un transformateur, lorsqu'on connaît le nombre d'enroulements des bobines primaire et secondaire.

2. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Les enseignants devraient savoir que certaines des notions fondamentales de l'unité figuraient dans l'unité obligatoire n° 4 du cours de 10^e année. Il faudra évidemment un peu de récapitulation, mais sans négliger les connaissances déjà acquises par les élèves.
- b) Nombre des recherches effectuées en 10^e année faisaient appel à des ampoules miniatures pour la charge; il est donc souhaitable, dans la présente unité, d'utiliser des résistances.
- c) Il serait tout à fait indiqué de demander aux élèves de construire une pile de lampe de poche ou une pile sèche à l'aide d'une trousse, car ils utilisent beaucoup de piles dans leurs radios portatives, leurs magnétophones et leurs magnétocassettes.
- d) Il faut veiller à choisir des résistances correspondant aux alimentations à utiliser. Pour des raisons de sécurité, éviter les différences de potentiel supérieures à 30 V.

- e) En choisissant judicieusement le calibre et la longueur du fil de nichrome en fonction de la source d'énergie à utiliser, on peut construire une résistance qui, lorsqu'elle sera connectée à la source de courant, passera au rouge incandescent à l'endroit où la différence de potentiel est la plus élevée. C'est une excellente introduction à la notion de résistance, car la résistance en fil de nichrome sera incandescente, tandis que les fils de connexion (bons conducteurs) resteront froids.
- f) Si les élèves comprennent dès le début de l'unité que les ampèremètres se connectent en série et les voltmètres, en parallèle, les enseignants peuvent leur demander de concevoir des diagrammes de circuits pour les recherches qu'ils mèneront.
- g) En prenant des diapositives des compteurs utilisés dans le cours, l'enseignant ou l'enseignante disposera d'un excellent moyen pour apprendre aux élèves les techniques de lecture nécessaires à leurs recherches.
- h) On devrait demander aux élèves d'apporter en classe leurs appareils électriques portatifs (magnétophones, radios, par exemple), pour déterminer les points suivants : taille de la pile, différence de potentiel dans une pile, agencement des piles dans l'appareil, différence totale de potentiel de cet agencement des piles.
- i) Les enseignants pourraient fournir aux élèves divers types de piles commerciales (AA, A, C, D, par exemple) et leur faire découvrir qu'elles produisent toutes la même différence de potentiel.
- j) Grâce à une simple sonde faite d'un néon, on pourra faire la distinction entre courant alternatif (CA) et courant continu (CC).
- k) On peut utiliser un ohmmètre pour mesurer la résistance du corps. La différence de résistance corporelle entre une peau sèche et une peau humide devient évidente.
- l) Pour comprendre la signification de la notion de résistance, les élèves pourraient utiliser un ohmmètre pour mesurer la résistance de divers appareils, dont une bouilloire, un fer à repasser, des radiateurs électriques et diverses résistances. Si des ampoules électriques sont utilisées, les enseignants ne doivent pas oublier que la résistance d'une ampoule change lorsqu'elle est très chaude.
- m) Les enseignants pourraient poser aux élèves un défi en construisant des boîtes mystère. Chaque boîte pourrait compter six bornes menant à l'intérieur. Dans la boîte, on aurait connecté des résistances ou des fils en série ou simplement isolés. La tâche des élèves serait de déterminer le contenu de la boîte et de fournir à l'enseignant ou à l'enseignante un diagramme de circuit montrant la disposition et la taille des résistances et des conducteurs.
- n) Pour qu'ils puissent se faire une idée de la quantité d'énergie que consomme une ampoule électrique ou un autre dispositif, les élèves peuvent construire une génératrice mue par la force

musculaire, à l'aide d'une vieille bicyclette et d'un alternateur de voiture. Il faut enlever le pneu arrière de la bicyclette et utiliser la jante comme poulie entraînant une courroie reliée à l'alternateur. Cela peut donner lieu à divers concours : qui peut produire la plus grande quantité d'énergie ou qui peut faire bouillir le plus rapidement une tasse d'eau?

- o) Si les élèves apportent en classe un adaptateur de radio portative, de magnétophone, d'ordinateur, etc., ils pourront mesurer la différence du potentiel de sortie. Tous ces appareils contiennent des transformateurs dévolteurs.
- p) Les activités sur l'induction électromagnétique devraient être conçues de façon que les élèves puissent manipuler des variables, dont le nombre de bobines, la puissance du courant et le type de noyau de bobine. Les élèves devraient formuler des généralisations sur les effets des variables plutôt que d'établir des rapports mathématiques.
- q) L'unité se prête particulièrement bien à une analyse des métiers et professions, car il y en a plusieurs qui demandent de bonnes connaissances en électricité et que peuvent envisager des élèves du niveau général (électricienne, électronicien, monteur de lignes, réparatrice ou vendeur d'appareils électroménagers, technicienne de laboratoire).

3. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- a) à partir d'une trousse, construire une pile de lampe de poche ou une pile sèche;
- *b) construire des piles de lampe de poche ou des piles sèches en série et préciser la différence de potentiel d'une pile ou d'une série de piles;
- *c) connecter des piles de lampe de poche ou des piles sèches en parallèle et déterminer la différence de potentiel des piles individuelles et du montage parallèle;
- *d) construire un circuit simple et l'utiliser pour vérifier la loi d'Ohm;
- *e) construire des circuits simples en série et des circuits parallèles et préciser les rapports régissant la tension, la différence de potentiel et la résistance de chacun de ces circuits;
- *f) faire le relevé d'un compteur électrique pendant plusieurs jours afin de déterminer la consommation d'électricité et d'en calculer le coût d'après les tarifs locaux;
- g) noter les renseignements inscrits sur les plaques de divers appareils électriques, à la maison et à l'école, et déterminer le coût de leur utilisation au cours des périodes normales de fonctionnement;
- h) à l'aide d'une trousse ou de matériaux courants, construire un moteur à courant continu qui fonctionne;

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

- *i) déterminer au cours d'une expérience de quelle façon le courant peut être induit dans un conducteur bobiné;
- j) étudier les facteurs qui influent sur la puissance d'un courant induit;
- k) observer les différences de potentiel dans les bobines primaires et les bobines secondaires d'un survolteur et d'un dévolteur.

4. Applications

- a) Dans les haut-parleurs, les relais électromagnétiques ou les solénoïdes (que l'on trouve dans des voitures, des machines à laver, des lave-vaisselle, des sonneries de porte et des trains monorails à propulsion magnétique), la sustentation et le mouvement viennent de la fluctuation des champs magnétiques.
- b) Les moteurs électriques simples que l'on trouve dans les machines à coudre, robots culinaires, séchoirs à cheveux, ventilateurs, réfrigérateurs, sècheuses et rasoirs électriques, de même que ceux qui actionnent les glaces de voiture et les portes de garage, constituent des applications de l'électromagnétisme.
- c) Le mouvement relatif entre les conducteurs et les champs magnétiques sert à la génération d'électricité dans des applications aussi variées que la production à grande échelle d'énergie électrique par Ontario Hydro et la production à petite échelle de lumière par une génératrice de bicyclette. Les champs magnétiques fluctuants trouvent une utilisation dans les transformateurs acheminant l'électricité partout en Ontario, actionnent les avertisseurs électriques et régénèrent les piles rechargeables d'articles comme les calculatrices de poche.
- d) Ces mêmes champs électriques et magnétiques qui font fonctionner les moteurs et les génératrices jouent aussi un rôle direct dans les microcircuits intégrés utilisés dans les réseaux de communication et les ordinateurs.

5. Incidences sociales

- a) La qualité de vie de nombreuses personnes a été améliorée grâce à la mise au point de divers dispositifs qui convertissent l'énergie électrique en travail utile, en lumière et en son.
- b) L'avènement de l'éclairage électrique a rendu possible le travail de nuit.
- c) Une bonne part de l'économie canadienne dépend de l'industrie de l'électricité. La fabrication et la distribution de produits électriques constitue une importante source d'emplois et contribue à la richesse du pays.
- d) La facilité avec laquelle on peut transformer l'énergie électrique en d'autres formes d'énergie a entraîné la fabrication d'un grand nombre de dispositifs électriques de types différents.

La conception, la mise au point, la fabrication et la distribution de ces biens est un secteur qui offre et continuera d'offrir de nombreux débouchés professionnels dans des domaines comme le génie électrique, l'électrotechnique, la commercialisation des produits et le dessin industriel.

- e) Un certain nombre de questions touchant la conservation, la production et la distribution de l'énergie électrique font l'objet de débats publics.
- f) Grâce à la distribution à grande échelle de l'énergie électrique, la majorité de la population ontarienne jouit de tout le confort moderne.
- g) Certains appareils consomment beaucoup d'énergie électrique; il faut donc tenir compte des coûts en énergie avant d'acheter un appareil ou d'en faire un trop grand usage.
- h) La demande croissante d'énergie électrique moins chère a entraîné une expansion de l'électronucléaire.
- i) L'utilisation de l'énergie nucléaire dans la production de l'énergie électrique fait l'objet de nombreux débats publics.

6. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les projets, les travaux pratiques et les comptes rendus de laboratoire;
- b) la capacité de connecter des compteurs à des circuits et d'en faire un relevé correct;
- c) la construction ou le montage de circuits et de dispositifs électriques.

7. Mesures de sécurité à envisager

- a) Les cordons d'alimentation, les compteurs et les composantes de circuits devraient avoir été approuvés sur le plan de la sécurité.
- b) Il faudrait avertir les élèves que, dans un compteur, l'échelle utilisée doit convenir au courant ou à la tension à mesurer.
- c) Il ne faudrait pas brancher l'alimentation d'un circuit tant que l'enseignant ou l'enseignante n'a pas vérifié la continuité et la polarité du câblage et constaté que les échelles des compteurs sont adéquates.
- d) Les élèves devraient être informés des dangers que comportent les circuits électriques; on doit leur rappeler de ne pas toucher les connexions si elles sont alimentées.

Unité obligatoire n° 5

- e) On devrait avertir les élèves que les piles sèches peuvent exploser si elles sont court-circuitées.
- f) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

8. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) analyser la lévitation magnétique comme moyen de propulsion dans les réseaux de transport;
- b) effectuer des recherches sur la façon dont on se sert du principe du moteur pour mesurer le courant et la tension dans les ampèremètres et les voltmètres, et faire la démonstration de ce principe;
- c) construire un électro-dynamomètre pour faire ressortir les facteurs qui influent sur la puissance entre conducteurs sous tension;
- d) étudier la construction, le fonctionnement et les applications des relais;
- e) étudier la façon dont l'électricité et le magnétisme sont utilisés dans un magnétocassette.

Le mouvement

Durée : 18 heures

Le mouvement semble si naturel que, souvent, on ne le remarque pas et l'on ne se rend pas compte de son importance. En analysant le mouvement, on peut souvent tirer des conclusions sur l'énergie d'un objet et les forces qui agissent sur lui. Pour que les élèves comprennent certaines des notions liées au mouvement, ils devront observer divers types de mouvement, analyser certains des facteurs régissant le mouvement et tirer un certain nombre de conclusions sur le mouvement.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La vitesse
- Les graphiques de vitesse-temps
- L'accélération (scalaire)
- La force et le mouvement
- Le travail, l'énergie et la puissance
- L'énergie cinétique et l'énergie potentielle
- Les transformations énergétiques

On pourrait, pour présenter l'unité, faire une démonstration à l'aide d'une voiture téléguidée. Un ou une élève pourrait en apporter une en classe et la faire fonctionner devant ses camarades. Par la suite, la voiture pourrait servir à illustrer divers types de mouvement et des termes comme *accélération*, *décélération*, *vitesse* et *distance*. On pourrait ensuite faire remarquer que l'un des principaux objectifs de l'unité est d'acquérir le vocabulaire nécessaire pour décrire et comprendre le mouvement et en mesurer certains aspects.

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à chercher à expliquer les phénomènes du mouvement (de 2g à 2i, de 3a à 3c, 4a);
- b) à se rendre compte qu'il faut faire appel à son bon sens quand on conduit un véhicule, une bicyclette ou une motocyclette (2h, 2m).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) mesurer les distances et les durées;
- b) calculer la vitesse, la vitesse moyenne, l'accélération*, le travail, la puissance, l'énergie cinétique et l'énergie potentielle (de 2a à 2d, 2f, 2g, 2i, 3a);
- c) prendre note des données expérimentales (3a, 3b);
- d) tracer des graphiques de vitesse-temps et déterminer les pentes (3b);
- e) formuler et vérifier des hypothèses et mettre au point des protocoles expérimentaux (3d).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) définir les termes suivants : vitesse moyenne, vitesse uniforme, accélération, inertie, travail, puissance, énergie cinétique, énergie potentielle;
- b) déterminer la vitesse moyenne d'un objet, la distance qu'il parcourt en un temps donné étant connue;
- c) déterminer l'accélération d'un objet d'après son graphique de vitesse-temps ou le changement de vitesse intervenu en un laps de temps donné;
- d) décrire le mouvement d'un objet d'après son graphique de vitesse-temps;
- e) expliquer des événements quotidiens en fonction des lois de Newton sur le mouvement (le port de la ceinture de sécurité, par exemple) (2j);
- f) résoudre des problèmes simples à l'aide de la formule $F = ma$;
- g) expliquer de quelle façon la masse d'un objet et la nature des surfaces avec lesquelles cet objet est en contact influent sur la valeur de la friction statique et cinétique (2j, 2k);
- h) tracer des diagrammes de forces agissant sur un corps (i) au repos, (ii) se déplaçant en ligne droite à une vitesse uniforme et (iii) en accélération ou décélération uniforme (2l);
- i) expliquer les raisons pour lesquelles un objet tombant dans l'air atteint une vitesse terminale (2l);
- j) se rappeler de la définition de *travail* et utiliser la formule $W = Fd$ pour résoudre des problèmes simples (2a);

- k) déterminer la puissance, le travail fait et le temps étant connus (2k);
- l) décrire les changements au niveau de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique d'un corps en chute libre ou d'un corps glissant sur une pente n'exerçant aucun frottement (3c, 3d);
- m) énoncer la loi de la conservation de l'énergie;
- n) calculer l'énergie cinétique d'un objet, sa masse et sa vitesse étant connues, et l'énergie potentielle d'un objet, sa masse et son élévation étant connues.

2. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Au niveau général, pour qu'une unité sur le mouvement soit réussie, il faut éviter l'excès de rigueur mathématique et avoir recours à des situations que les élèves trouveront pertinentes et intéressantes.
- b) Pour présenter le concept de la vitesse, les enseignants peuvent amener les élèves à l'extérieur, délimiter 100 m en bordure de la route et déterminer le temps que met une voiture à parcourir cette distance. On pourrait faire appel à la collaboration du service de police et lui demander de déterminer la vitesse des voitures par radar.
- c) Si l'on dispose de chronomètres enregistreurs étalonnés, on peut s'en servir pour déterminer le temps que met un objet à parcourir une certaine distance. Ainsi, combien de temps faut-il à une masse pour tomber d'une hauteur de 1 m?
- d) On pourrait demander aux élèves d'apporter en classe des jouets fonctionnant à piles et d'en enregistrer le mouvement sur ruban de papier. Par la suite, on peut couper les rubans en sections d'égale durée et les coller côte à côte pour réaliser un graphique de vitesse-temps.
- e) Pour étudier l'accélération, on pourrait demander aux élèves de mesurer sur un ruban de papier leur mouvement pendant une ou deux secondes.
- f) Il existe du matériel et des logiciels grâce auxquels on peut utiliser les ordinateurs pour chronométrer les millisecondes.
- g) L'unité pourrait être articulée autour d'un passe-temps comme celui des fusées, si les règlements du conseil scolaire le permettent. La construction de maquettes de fusées et l'enregistrement des renseignements de vol constituent une bonne occasion pour les élèves de mesurer des vitesses, des distances, l'accélération, des temps et des altitudes.
- h) Les renseignements figurant dans le guide de formation des conducteurs peuvent facilement être utilisés comme ressource dans cette unité.
- i) Il existe de nombreux exemples non mathématiques des lois du mouvement de Newton dans la vie quotidienne des élèves.

* Les problèmes d'accélération présentés dans cette unité ne devraient porter que sur des situations où les élèves connaissent la valeur du changement de vitesse et du temps écoulé. Les problèmes doivent se limiter à l'accélération uniforme.

- j) Dans la recherche sur la deuxième loi de Newton, il faudra veiller à ce que la méthode reste simple. Mentionnons les possibilités suivantes :

- Un ou une élève peut en tirer un ou une autre en patins à roulettes avec une force constante. On détermine ensuite le temps nécessaire pour parcourir une distance donnée (5 m, par exemple).
 - À l'aide d'une bande élastique dont l'étirement est connu, les élèves peuvent faire accélérer un chariot auquel est fixé un ruban de papier. Même s'il est difficile d'obtenir de cette façon des données quantitatives fiables, cette activité donnera aux élèves une bonne idée de la deuxième loi de Newton. Les résultats devraient prouver que l'augmentation de la force se traduit par une hausse de l'accélération.
- k) Les élèves peuvent déterminer leur cote de puissance. Au lieu de grimper un escalier à la course, ils peuvent traîner un coffre dans la pièce. Là encore, il faudra concevoir une méthode pour déterminer la force nécessaire pour tirer le coffre. (Pour ce faire, on pourrait utiliser d'une façon modifiée un pèse-personne gradué en newtons.)
- l) Il faudrait faire ressortir la pertinence de l'étude du mouvement par rapport à la vie quotidienne. On pourrait demander aux élèves de préparer une brève démonstration sur ce sujet et de la présenter au reste de la classe. Ainsi, ils pourraient démontrer
- (i) le temps de réaction et la distance parcourue en voiture,
 - (ii) la physique des sports ou (iii) des habitudes prudentes au volant.
- m) Dans le cadre de l'unité, un agent ou une agente de police pourrait venir montrer aux élèves le lien entre la physique du mouvement et la prudence au volant.

3. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) mesurer et calculer les distances et les intervalles de temps pour une personne ou un objet en mouvement uniforme et calculer sa vitesse moyenne;
- *b) consigner les données nécessaires pour tracer un graphique de vitesse-temps d'un objet (jouet) ou d'une personne en mouvement et analyser le mouvement représenté par le graphique;
- *c) déterminer le coefficient de friction de diverses surfaces en contact et l'effet de la masse sur la force et le coefficient de friction;
- *d) formuler des hypothèses sur les facteurs qui influenceront sur la vitesse de chute de divers objets dans l'air (des plumes, des feuilles de papier ou des cartes, par exemple); préparer et effectuer des expériences pour vérifier ces hypothèses; comparer les résultats aux hypothèses;

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

- *e) déterminer l'accélération que subit un corps en chute libre;
- *f) déterminer la force que développe un ou une élève qui traîne une masse sur une distance donnée, par exemple;
- g) déterminer la masse et la vitesse d'un objet en mouvement et calculer son énergie cinétique.

4. Applications

- a) Pour les conducteurs, il est important de connaître la distance d'arrêt selon les vitesses et les surfaces.
- b) Chute libre, résistance de l'air et vecteur vitesse terminale, voilà des notions importantes en météorologie et pour ceux qui font du saut en chute libre, du planeur et de la montgolfière.
- c) La friction est une force nécessaire dans nombre de situations où il y a mouvement.
- d) L'étude de la cinétique humaine a permis l'amélioration des techniques d'entraînement sportif, d'où de meilleures performances chez les athlètes.
- e) Les améliorations apportées aux méthodes de conversion de l'énergie aboutissent souvent à des changements techniques.

5. Incidences sociales

- a) Les lois sur la sécurité routière et la prudence au volant se fondent sur la connaissance des rapports qui existent entre la distance, la vitesse, le temps et l'énergie.
- b) La capacité de se déplacer dans l'air à des vitesses de plus en plus grandes a transformé la planète en un village global.
- c) Certaines voitures peuvent être équipées en option d'un moteur puissant qui leur permet d'atteindre de plus grandes accélérations. Cela entraîne une plus grande consommation de carburant et, par conséquent, un épuisement plus rapide des ressources non renouvelables.
- d) La connaissance des forces et du mouvement a abouti à l'exploration spatiale.
- e) Dans nombre de procédés, on utilise plus efficacement l'énergie parce que l'énergie produite et consommée peut être mesurée.

6. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) les expériences et les comptes rendus de laboratoire;
- b) le tracé de graphiques et l'analyse de ces derniers.

Unité facultative n° 1

Les fluides

*Durée : 10 heures***7. Mesures de sécurité à envisager**

- a) Si l'on se sert dans une expérience de chronomètres enregistreurs ou d'autres dispositifs, ce matériel et son câblage doivent être en bon état et avoir été approuvés sur le plan de la sécurité.
- b) Si l'on utilise des bicyclettes pour effectuer des expériences sur le mouvement, on devra donner aux élèves des directives sur les mesures de sécurité à suivre et veiller à ce qu'ils les respectent.
- c) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

8. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) déterminer le coefficient de friction de divers types de surfaces;
- b) traiter des effets de la friction dans les aéronefs se déplaçant à très grande vitesse;
- c) étudier le rapport existant entre le carburant que consomme une voiture et la vitesse de celle-ci (on pourrait discuter des raisons pour lesquelles on devrait imposer une limite de vitesse plus basse en Ontario);
- d) déterminer leur force lorsqu'ils exécutent certaines tâches mécaniques.

La technique des fluides compte parmi les techniques qui ont eu d'importantes retombées dans la société moderne. Ainsi, les véhicules ou machines qui transportent de lourdes charges sont en général dotés d'un dispositif hydraulique ou pneumatique servant aux commandes ou à l'alimentation en énergie. Grâce à l'aérodynamique, la science qui étudie les phénomènes accompagnant tout mouvement relatif entre un corps et l'air où il baigne, on a peu acquérir les connaissances nécessaires pour voler et naviguer à la voile. L'hydrodynamique, la science de l'eau en mouvement, a permis aux gens, grâce aux connaissances acquises, de se déplacer efficacement dans l'eau et sur l'eau. Dans cette unité, les élèves étudieront les fluides au repos et en mouvement afin d'acquérir une certaine connaissance des applications de la technique des fluides.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La pression d'air
- La pression dans les liquides et la loi de Pascal
- La flottabilité et le principe d'Archimède
- La tension superficielle
- Les fluides en mouvement
- Le principe de Bernoulli

Si l'on enlève le corps d'un brûleur Bunsen et que l'on branche ce brûleur à la sortie d'une pompe à vide, on pourra faire léviter une balle de tennis de table au-dessus du brûleur en mettant la pompe en marche. En outre, si l'on incline légèrement le brûleur, la balle restera dans le flux d'air. Cette démonstration devrait susciter un intérêt considérable chez les élèves et constituer une excellente introduction à l'étude des fluides. Ce n'est que plus loin dans l'unité que l'on donnera une explication complète du phénomène.

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à se rendre compte que les fluides jouent un rôle important dans leur existence (3c, 3d, 4a, 4f);
- b) à s'interroger sur la façon dont les fluides sont utilisés pour faire un travail (3b, 3c, 3g, 3h, 4b);
- c) à saisir les raisons pour lesquelles les animaux, les structures et les véhicules ont une forme profilée (3f, 4d).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) mesurer la masse, le volume d'un liquide et la force exercée par la gravité sur un objet;
- b) construire un manomètre;
- c) déduire les causes d'un phénomène, dont le changement dans la hauteur d'une colonne de fluide;
- d) résoudre des problèmes simples faisant appel au principe d'Archimède;
- e) formuler et vérifier des hypothèses et exercer un contrôle sur des variables lors d'une expérience dans laquelle les liquides posséderont la plus grande tension superficielle;
- f) donner des explications après avoir observé les effets des fluides en mouvement sur les objets;
- g) résoudre des problèmes simples faisant appel à la loi de Pascal.

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) définir le terme *pression* (2a, 2b);
- b) donner quelques exemples de phénomènes causés par des différences de pression d'air et les expliquer (2a, 2b);
- c) expliquer de quelle façon un baromètre mesure la pression d'air (2b);
- d) expliquer le rapport existant entre la pression dans un liquide et la profondeur (2b);
- e) énoncer le principe d'Archimède et l'utiliser pour expliquer des phénomènes connexes (2c);
- f) expliquer la loi de Pascal et l'appliquer (2b);
- g) expliquer ce que l'on entend par *tension superficielle* et en donner quelques exemples (2d).

2. Quelques méthodes d'enseignement

- a) On peut fabriquer un manomètre avec un tube de verre ou de plastique transparent en forme de U et rempli en partie d'eau colorée. On peut fabriquer le capteur de pression du manomètre en fixant une mince membrane de caoutchouc sur l'extrémité en plastique d'un tube à bulbe. Le capteur de pression est relié à l'un des bras du manomètre par un tube flexible.

Lorsque le capteur de pression est maintenu dans un fluide, le liquide du manomètre subit un déplacement.

- b) On peut utiliser divers liquides, dont de l'eau, de l'alcool, de l'huile et de la saumure, pour démontrer que la pression dépend de la densité du liquide et de la profondeur. On aura besoin d'une moins grande quantité de liquide si l'on utilise un contenant haut, par exemple, le tube de l'hydromètre. Si les densités des différents liquides sont connues, on peut établir le rapport $P = \rho gh$.
- c) On peut faire la démonstration de la loi de Pascal si l'on dispose d'un contenant suffisamment grand pour y déplacer le capteur de pression. Une piscine constituerait un endroit idéal, car les élèves peuvent établir un lien entre la pression qui s'exerce sur les oreilles et la profondeur de la piscine.
- d) Une grosse boîte de conserve percée de trous à plusieurs niveaux peut servir à illustrer la variation de la pression en fonction de la profondeur.
- e) Dans les activités 3a et 3b, il faudrait présenter le kilopascal comme unité de pression et enseigner aux élèves que la pression atmosphérique au niveau de la mer est de 101 kPa. Cette pression peut correspondre à 760 mm de mercure et à 10 m d'eau. Les deux activités mentionnées ci-dessus pourraient être prolongées par une discussion sur la variation de la pression d'air avec l'altitude et sur la pression d'oxygène nécessaire à une personne pour survivre (110 à 160 mm).
- f) On peut faire une démonstration de la pression d'air à l'aide d'une boîte de métal vide dans laquelle on verse une petite quantité d'eau que l'on porte à ébullition. Ensuite, on ferme la boîte et on fait couler sur le couvercle de l'eau froide. La condensation de la vapeur d'eau à l'intérieur de la boîte entraînera une chute rapide de la pression intérieure, et la pression d'air à l'extérieur fera gondoler la boîte.
- g) On peut donner à tous les élèves une feuille de papier d'aluminium de la même grandeur et voir qui va construire un bateau pouvant contenir le plus grand nombre de rondelles métalliques sans couler.
- h) On peut faire une démonstration de la tension superficielle en plaçant soigneusement des épingles droites sur la surface de l'eau d'un bécher. Elles resteront à la surface à cause de la tension superficielle. Toutefois, si l'on ajoute à l'eau une goutte de détergent, les épingles couleront à cause de la diminution de la tension superficielle.
- i) Il existe de nombreuses démonstrations simples du principe de Bernoulli. Ainsi, on peut souffler entre deux balles de tennis de table suspendues ou sur le bord d'une feuille de papier. Ce principe peut expliquer nombre d'événements observables dans la vie quotidienne, par exemple, la courbure des balles de baseball, la poussée ascensionnelle des ailes d'un avion et le fonctionnement des carburateurs. Tout cela peut s'expliquer sans trop de détails mathématiques.

- j) Voici une autre expérience qui suscitera l'enthousiasme des élèves : préparer un lit de clous et demander à un ou à une élève de s'y coucher. Fabriquer le lit en plantant les clous à environ 1 cm l'un de l'autre dans un panneau de contre-plaqué de 45 cm sur 75. Il faut faire attention que tous les clous pénètrent dans la planche perpendiculairement et sur la même distance. Il faudra beaucoup de temps et de clous, mais cette planche durera indéfiniment et servira à des démonstrations mémorables devant de nombreuses classes.

3. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) effectuer plusieurs activités illustrant la pression d'air, dont faire remonter du liquide dans une paille, garder une certaine quantité d'eau dans un contenant inversé grâce à un morceau de carton, essayer de soulever une plaque de verre posée sur une table lisse, utiliser des seringues (8e);
- *b) fabriquer un manomètre à eau et l'utiliser pour déterminer la pression relative à certains niveaux, dans des liquides différents (6b, de 8a à 8d);
- *c) tester le principe d'Archimède pour des objets (i) s'enfonçant dans l'eau et (ii) flottant sur l'eau;
- *d) analyser quantitativement la différence de tension superficielle de plusieurs liquides différents (8f);
- e) réaliser une expérience simple pour étudier l'effet du carénage sur la turbulence créée par un objet dans un fluide en mouvement (6c, 8g, 8h);
- f) déterminer de quelle façon un changement dans la superficie en coupe d'un fluide en mouvement modifie la vitesse de ce fluide;
- *g) étudier les effets d'un fluide en mouvement (l'air, par exemple) sur un objet qui y baigne (8g);
- h) faire une recherche pour illustrer l'effet de Bernoulli dans un fluide s'écoulant par un étranglement dans un tuyau (un tube Venturi, par exemple) (8h).

4. Applications

- a) Dans un liquide, la pression varie avec la profondeur. On en tient compte dans la conception des barrages, dans la conception et l'utilisation sécuritaire du matériel de plongée sous-marine, et dans la conception et l'utilisation des dispositifs de pressurisation et de respiration des aéronefs.
- b) Les pompes aspirantes et les siphons fonctionnent parce qu'une différence de pression se produit entre l'entrée et la sortie d'air.
- c) La loi de Pascal s'applique aux systèmes hydrauliques, notamment les freins et les amortisseurs de voiture, les treuils des

garages et les commandes hydrauliques, et au système vasculaire des mammifères.

- d) L'eau est acheminée dans le xylème des racines des plantes par capillarité.
- e) Le principe d'Archimède trouve son application dans les bateaux et les sous-marins.
- f) Le carénage des véhicules, des aéronefs et des bateaux réduit la quantité d'énergie motrice nécessaire à leur propulsion.
- g) On peut augmenter la vitesse à laquelle l'eau sort d'un tuyau en réduisant l'ajutage.
- h) En raison de la forme des ailes d'un avion ou d'un hydroglisseur, l'air ne passe pas à la même vitesse au-dessus et au-dessous des ailes, d'où la différence de pression qui s'y exerce.
- i) Dans un carburateur de voiture ou une pompe à jet, on trouve une partie Venturi, laquelle crée un vide partiel.
- j) Les lois de l'hydraulique et de la pneumatique trouvent des applications dans divers dispositifs de commande.
- k) Les variations de pression atmosphérique sont un élément important dans les prévisions météorologiques.
- l) Les aspirateurs engendrent une différence de pression, d'où succion de l'air.

5. Incidences sociales

- a) Les grandes aventures qui ont marqué les deux dernières décennies ont été l'exploration de l'espace et des profondeurs marines. Ces réalisations sont devenues possibles grâce à l'application des connaissances en matière de pression aux dispositifs de respiration et à la physiologie humaine dans des milieux de haute pression et de basse pression.
- b) L'hydraulique et la pneumatique ont élargi l'utilisation des machines à des applications où les liens mécaniques sont compliqués et peu pratiques.
- c) Le perfectionnement des aéronefs a généralisé les voyages interurbains et intercontinentaux au point où il ne reste pratiquement plus de régions isolées dans le monde.
- d) La construction et la vente de voiliers et d'aéronefs de plaisance constituent d'importantes industries.
- e) Il y a de nombreux débouchés professionnels dans le domaine de la pneumatique, de l'hydraulique et du transport aérien et maritime.
- f) De grands progrès ont été réalisés en médecine grâce à l'établissement de parallèles entre les systèmes hydrauliques et le système vasculaire (soupapes de régulation de la circulation sanguine, par exemple).
- g) La réduction de la tension superficielle de l'eau grâce aux savons et aux détergents facilite le nettoyage à peu de frais, d'où des normes d'hygiène élevées.

Unité facultative n°2

6. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les travaux en laboratoire;
- b) les comptes rendus de laboratoire;
- c) les descriptions orales ou écrites ou les diagrammes légendés de la conception et du fonctionnement de dispositifs qui marchent en raison d'une différence de pression ou de l'écoulement d'un fluide.

7. Mesures de sécurité à envisager

- a) Si l'on utilise des liquides volatils comme de l'alcool, il faudrait les garder loin de la flamme et leurs contenants devraient être entreposés dans une pièce réservée à cet effet.
- b) Si les manomètres sont en verre, il faudrait apprendre aux élèves à s'en servir avec précaution.
- c) Si l'on utilise une soufflerie ou des ventilateurs comme source d'air pulsé, il faudrait prévenir les élèves qu'il est dangereux de s'approcher des ailettes quand elles tournent.
- d) Les élèves et les enseignants devraient éviter de s'exposer à des contenants de mercure ouverts.
- e) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

8. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) déterminer la masse volumique de liquides différents de façon à faire le lien entre la pression dans un liquide et sa masse volumique et sa profondeur;
- b) fabriquer et utiliser un hydromètre pour déterminer la densité relative de divers liquides;
- c) déterminer les poussées agissant sur divers objets dans des liquides différents;
- d) à l'aide de maquettes simples, montrer l'emplacement relatif du centre de gravité et du centre de flottabilité dans des navires et des bateaux (aborder également dans la discussion le centre d'effort sur la voile d'un voilier);
- e) établir le lien entre la friction d'un fluide dans une conduite et le type de fluide et le diamètre de la conduite;
- f) faire un compte rendu sur la traînée aérodynamique d'un aéronef ou la traînée hydrodynamique d'une embarcation et trouver les variables qui influent sur la traînée;
- g) faire un compte rendu sur la façon dont on se sert d'un tube de Pitot dans un avion pour déterminer la vitesse de l'air;
- h) déterminer la masse d'une voiture grâce à la pression d'air et à la surface de contact de ses pneus.

L'énergie nucléaire

Durée : 10 heures

Au Canada et en Ontario, l'énergie nucléaire génère d'importantes quantités d'électricité. Les radio-isotopes ont trouvé d'importantes applications en médecine et dans l'industrie. Les recherches effectuées sur la fusion nucléaire pourraient déboucher sur une nouvelle source d'énergie. On n'a pas encore réussi à résoudre de façon satisfaisante le problème que posent les déchets nucléaires. La population s'oppose de plus en plus à la construction d'autres centrales nucléaires. Ainsi, en 1988, près de New York, une centrale nucléaire dont la construction avait coûté 5 milliards de dollars a été fermée avant même sa mise en service parce que la population craignait un accident nucléaire. Voilà pourquoi les élèves doivent comprendre la nature des réactions nucléaires et de la radioactivité. Ils seront alors plus à même de comprendre les questions qui se posent à long terme quant à l'utilisation de l'énergie nucléaire et des radio-isotopes.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La radioactivité
- Les radio-isotopes et leurs applications
- Les réactions nucléaires
- Les réacteurs nucléaires : le CANDU
- Les problèmes actuels en physique nucléaire
- Les débouchés professionnels dans l'industrie nucléaire

Si un compteur Geiger fonctionne lorsque les élèves entrent dans la classe pour leur premier cours de physique nucléaire, leur curiosité sera certainement piquée, particulièrement si aucune source radioactive n'est présente et que l'appareil détecte la radioactivité ambiante. La nature de l'appareil, ce qu'il mesure et ce qui le fait réagir devraient donner lieu à une discussion intéressante. Celle-ci pourrait être suivie d'une séance de remue-ménages au cours de laquelle les enseignants pourront déterminer

ce que les élèves savent et les fausses idées qu'ils se font. Cette séance pourrait se faire en groupe ou avec toute la classe.

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre que les rayonnements ionisants comportent des risques et des avantages et qu'il faut éviter de s'y exposer (de 3a à 3c, 3g, 4a, de 4d à 4f);
- b) à évaluer avec ouverture d'esprit les questions que soulève l'industrie nucléaire (3g, 4a, 4b, 4d, 4f);
- c) à saisir à quel point il est important d'appliquer de bonnes méthodes de gestion dans le domaine des déchets radioactifs (3g, 4f).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) noter et structurer des données expérimentales;
- b) classer les matériaux selon leur capacité de protection, et les rayonnements selon leur pouvoir de pénétration;
- c) tracer un graphique illustrant la décroissance radioactive au fil du temps et en tirer des renseignements sur la demi-vie;
- d) évaluer des informations afin de prendre des décisions et de porter des jugements de valeur (analyses avantages-risques, par exemple);
- e) interroger des personnes de la collectivité à propos des questions que soulève actuellement le nucléaire et résumer leurs opinions oralement ou par écrit.

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) décrire plusieurs façons de détecter les rayonnements et connaître le symbole mettant en garde contre les risques d'irradiation;
- b) expliquer en quoi une substance radioactive diffère d'une substance non radioactive;
- c) nommer trois types de rayonnements que peut émettre une substance radioactive, comparer leur pouvoir de pénétration et décrire leurs effets sur l'organisme;
- d) définir *isotope* et *demi-vie*;
- e) décrire trois applications des isotopes radioactifs;
- f) expliquer la différence entre fission nucléaire et fusion nucléaire;
- g) décrire les conditions dans lesquelles peut se produire une réaction en chaîne de fission nucléaire;
- h) donner les principaux éléments dont sont dotés tous les réacteurs nucléaires et décrire la fonction de chaque élément;
- i) expliquer de quelle façon un réacteur nucléaire produit de l'électricité, à partir d'un diagramme simplifié de l'appareil;
- j) expliquer les raisons pour lesquelles l'élimination des déchets radioactifs est un problème difficile à résoudre.

2. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Des vieilles montres, des horloges anciennes à cadran lumineux, certains types de détecteurs de fumée et des assiettes contenant un colorant à base d'uranium (fabriquées il y a plus de 50 ans) sont autant d'articles radioactifs pouvant être utilisés comme ressources en classe.
- b) Ontario Hydro a tout un éventail de ressources que les enseignants peuvent se procurer sans frais.
- c) Dans certaines centrales nucléaires ontariennes, le service des relations publiques met à la disposition des écoles des personnes qui peuvent venir parler aux élèves de l'énergie nucléaire.
- d) Nombre de vieux numéros de magazines que l'on trouve au centre de ressources de l'école contiennent des articles sur les accidents survenus à Tchernobyl et à Three Mile Island, et sur d'autres événements liés aux problèmes et aux progrès de l'énergie nucléaire.
- e) En exposant du papier photosensible à des sources de radioactivité, les élèves pourront constater comme Becquerel l'existence des rayonnements.
- f) En visitant les installations de médecine nucléaire d'un hôpital, une centrale électronucléaire, un collège, une université ou une industrie, les élèves pourront voir des applications pratiques de la physique nucléaire.
- g) Au lieu d'organiser une excursion pour toute la classe, les enseignants pourraient demander à plusieurs élèves de visiter les endroits mentionnés au paragraphe 2f et de préparer un compte rendu à l'intention de leurs camarades.
- h) Les élèves pourraient interroger leurs voisins pour connaître leurs opinions sur l'énergie nucléaire, les déchets radioactifs, l'utilisation des rayonnements pour la conservation des aliments, la présence de radon dans les maisons, etc. Ce genre d'activité apprend aux élèves à préparer un questionnaire, à interviewer des gens, à résumer et à rendre compte des données recueillies.
- i) Même si nombre de métiers et professions dans l'industrie nucléaire exigent un diplôme collégial ou universitaire, il y en a d'autres que les élèves de ce cours peuvent envisager, entre autres les sciences infirmières, les techniques de laboratoire dans une centrale nucléaire, le transport des matériaux nucléaires et les techniques industrielles.
- j) Il se peut qu'un ou une élève connaisse une personne (famille ou cercle d'amis) ayant reçu des traitements dans une installation de médecine nucléaire. Un bref compte rendu de l'expérience vécue par cette personne intéressera certainement les élèves.

3. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) observer et décrire les traces laissées dans une chambre à brouillard par les émissions d'une source radioactive;
- b) comparer le pouvoir de pénétration des rayons alpha, bêta et gamma dans un matériau donné;
- *c) recueillir des données sur la désintégration radioactive d'un isotope produit par un minigénérateur, tracer un graphique d'après ces données et déterminer la demi-vie de l'isotope;
- *d) inscrire sur un diagramme les principaux organes du réacteur CANDU et décrire la fonction de chacun;
- *e) déterminer l'effet de la distance de la source sur la quantité de rayonnement reçu et tracer un graphique de la distance par rapport au nombre de particules radioactives par unité de temps;
- f) déterminer les capacités de blindage de divers matériaux;
- g) préparer un compte rendu sur un sujet ou problème de physique nucléaire : les déchets radioactifs, l'utilisation des radioisotopes, les réacteurs nucléaires (doit-on en construire d'autres?), les rayonnements et la conservation des aliments, l'attitude de la collectivité à l'égard de l'énergie nucléaire et des armes nucléaires, et les métiers et professions dans l'industrie nucléaire. Ces comptes rendus peuvent être présentés oralement ou par écrit et peuvent ou non faire appel à des diapositives ou à des bandes vidéo, par exemple.

4. Applications

- a) Les personnes qui travaillent près de sources de rayonnements doivent porter une plaque d'identité contenant des détecteurs de rayonnement qui surveillent leur exposition.
- b) Les isotopes radioactifs servent de marqueurs et sont utilisés en médecine (diagnostics et traitements).
- c) On utilise les rayonnements pour tuer les micro-organismes, stériliser les insectes et éviter que les aliments ne se gâtent.
- d) La fission nucléaire est une source d'énergie utilisée dans la production de l'électricité.
- e) On a amélioré les propriétés de certains matériaux en les exposant aux rayonnements (plastiques, verres de sécurité, par exemple).
- f) Grâce à la datation radioactive, on peut déterminer l'âge de reliques, de fossiles et de la Terre.
- g) On doit mettre au point des méthodes d'élimination des déchets radioactifs pour réduire les effets des rayonnements.
- h) La fusion nucléaire constitue la source d'énergie du Soleil et des étoiles.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

5. Incidences sociales

- a) Les rayonnements peuvent produire dans les cellules reproductrices des mutations soit souhaitables, soit nuisibles.
- b) À une époque où les combustibles fossiles s'épuisent rapidement, l'énergie nucléaire représente une source d'énergie de remplacement, mais elle exige au départ de lourds investissements.
- c) La technique de pointe associée à l'énergie nucléaire a créé nombre de nouveaux débouchés professionnels en médecine et dans le secteur industriel.
- d) L'industrie nucléaire a donné lieu à des situations où les risques et les avantages du nucléaire doivent être soigneusement pesés.
- e) L'espérance de vie a augmenté à cause, en partie, des progrès réalisés en médecine nucléaire.
- f) La gestion des déchets radioactifs a suscité et suscitera encore des débats politiques.
- g) Le Canada a joué un rôle considérable dans les domaines de l'énergie et de la technologie nucléaires.

6. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les graphiques et les diagrammes;
- b) l'interprétation des résultats obtenus au cours des activités;
- c) les réponses écrites ou les exposés oraux découlant des lectures obligatoires.

7. Mesures de sécurité à envisager

- a) Les échantillons radioactifs devraient être manipulés et entreposés conformément aux méthodes acceptées à l'heure actuelle.
- b) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

8. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) étudier les caractéristiques, les sources et les effets d'autres formes de rayonnements, dont les rayons X, les rayons cosmiques et les ultraviolets;
- b) effectuer des recherches sur les techniques de datation radioactive;

Unité facultative n° 3

Les propriétés des solides

Durée : 10 heures

- c) présenter des comptes rendus sur la vie et l'œuvre de chercheurs comme Becquerel, Pierre et Marie Curie, et Rutherford;
- d) préparer des comptes rendus sur des sujets comme les armes nucléaires, les accidents nucléaires, les réacteurs surgénérateurs et la médecine nucléaire;
- e) étudier et décrire l'effet d'un champ magnétique sur les traces dans une chambre à brouillard;
- f) calculer la dose annuelle de rayonnement que reçoivent les habitants de la région;
- g) préparer un exposé sur les accidents survenus à Tchernobyl et à Three Mile Island, ou sur l'utilisation des armes nucléaires.

Chaque fois que l'on fabrique un produit, il faut choisir les matériaux qui conviennent à l'usage que l'on va faire de ce produit. Parmi les propriétés des matériaux dont on doit tenir compte, mentionnons la masse volumique, la résistance, la dureté, l'élasticité et la dilatation thermique. Ces caractéristiques influent sur la conception et la forme des produits.

La découverte et l'utilisation de nouveaux matériaux, dont les céramiques, les plastiques et les fibres synthétiques, a entraîné de grands progrès techniques et la fabrication d'une vaste gamme de produits originaux et peu coûteux.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La loi de Hooke
- L'élasticité des matériaux
- La résistance des matériaux
- La résistance et la forme structurelles
- Le centre de gravité des solides
- La masse volumique des solides
- La dilatation thermique des solides

Pour présenter cette unité, on peut construire une poutre ou une poutrelle de bois ou de carton bristol. Celle-ci devrait reposer sur un socle aux deux extrémités. On peut demander aux élèves d'évaluer la masse qu'il faut pour que la poutre se rompe si les masses sont suspendues en son milieu. L'élève dont la prévision tombera le plus près de la valeur exacte pourrait obtenir un point supplémentaire ou une autre forme de récompense. Pendant l'essai, on peut aussi rappeler aux élèves qu'avant de se rompre, la poutre subit une déformation qui ne sera pas permanente si les masses ne sont

pas trop lourdes (si l'on retire la masse, la poutre reprend sa forme initiale). On peut aussi leur dire qu'au cours de l'unité, ils devront concevoir et construire, à l'aide d'une quantité donnée de matériel, une poutre sur laquelle ils procéderont au test.

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à se rendre compte qu'il faut tester les matériaux et les articles avant leur utilisation ou leur mise en marché (3b, 3d, 4b);
- b) à s'intéresser aux méthodes dont on se sert pour tester les matériaux.

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) observer et noter les changements que subissent des matériaux soumis à des contraintes (de 2a à 2d);
- b) préparer des tableaux et des graphiques pour consigner des données expérimentales (de 2a à 2d);
- c) trouver des renseignements (une constante d'élasticité, par exemple) en ayant recours à des graphiques (de 2a à 2d);
- d) suivre les directives pour mener à bien des expériences (2);
- e) exercer un contrôle sur des variables, par exemple, la flexion de diverses formes de structure (de 2a à 2d, 2g);
- f) calculer les pentes de graphiques à lignes droites (2a, 2c);
- g) se servir d'un calibre pour mesurer les dimensions de différents objets (2f);
- h) mesurer les volumes de solides irréguliers d'après l'eau qu'ils déplacent (2f);
- i) effectuer des calculs simples pour trouver la masse volumique des matériaux (2f).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) expliquer des termes comme élasticité, limite d'élasticité, point de rupture, cisaillement, tension, compression, torsion, contrainte et effort limite de tension (de 2a à 2d);
- b) énoncer la loi de Hooke (2a);
- c) décrire les changements dans la forme de matériaux ou dans l'assemblage d'une structure qui en augmenteront la capacité de charge (2d);
- d) définir le *centre de gravité* et expliquer de quelle façon on peut le déterminer (2e);
- e) décrire les conditions pouvant provoquer le chavirement d'un bateau, par exemple (2e);
- f) définir la *masse volumique*;
- g) expliquer la dilatation thermique des solides et les différences de taux de dilatation de divers matériaux (2g);
- h) décrire des applications où l'on a recours aux propriétés physiques particulières des solides (2).

2. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Les élèves devraient utiliser des ressorts et d'autres matériaux dont l'élasticité est différente en vue de les comparer.
- b) On peut montrer en classe des plans de ponts et de bâtiments (film, bande vidéo ou ordinateur).
- c) L'atelier de tôlerie ou de charpenterie, le laboratoire de dessin mécanique de l'école ou encore certaines entreprises de la collectivité pourraient fournir des profilés métalliques ou des poutres de bois pour l'activité 3d. Les élèves pourraient spécifier les formes qu'ils désirent.
- d) Il existe toute une gamme de jouets et d'articles conçus pour fonctionner avec un centre de gravité situé à un endroit inhabituel.
- e) Il est facile de déterminer le centre de gravité d'une personne. Placer un pèse-personne sous chaque extrémité d'un madrier. La personne se couche ensuite sur le madrier et corrige sa position jusqu'à ce que les deux pèse-personnes indiquent le même chiffre. Le centre de gravité de la personne correspond alors au milieu du madrier. Il est intéressant de comparer le centre de gravité des garçons à celui des filles. C'est un exercice intéressant à ajouter à l'étude du centre de gravité.
- f) Toute la classe pourrait se rendre dans une usine locale où se déroulent des essais destructifs. Ou encore plusieurs élèves peuvent s'y rendre et préparer un vidéo ou un diaporama sur les tests à l'intention de leurs camarades.
- g) Les élèves pourraient étudier les codes locaux du bâtiment pour trouver quels sont les supports de charpente exigés dans les maisons et les garages. On pourrait demander aux élèves de calculer le coût minimal de telle ou telle charpente, compte tenu du prix du bois et des normes du code.
- h) Comme dernier exercice de l'unité, on pourrait demander aux élèves de construire en groupe une poutrelle à partir d'une quantité donnée de matériel (une feuille de carton bristol ou quatre-vingts bâtonnets à café, par exemple). Par la suite, on mènerait des essais destructifs sur les poutrelles pour trouver la plus résistante.
- i) On pourrait demander à quelques élèves d'étudier les débouchés professionnels liés au sujet d'étude (menuisier-charpentier, technicienne de laboratoire, maçon, etc.).

3. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) mesurer le changement de longueur de ressorts sous l'effet de forces différentes; tracer un graphique de la force appliquée par rapport au changement de longueur et déterminer la pente du graphique (6a, 8a);
- *b) mesurer le changement de longueur de bandes élastiques diverses, de sacs de plastique et d'autres matériaux, à mesure que l'on y suspend ou que l'on y ajoute d'autres poids, peut-être jusqu'au point de rupture; tracer un graphique de la force appliquée par rapport au changement de longueur afin de comparer les résultats; et établir une comparaison entre ces résultats et les données fournies dans un manuel sur divers matériaux (6a, 8a);
- *c) observer et mesurer la courbure qu'accuse un mètre à mesurer ou une lame de scie dont une extrémité est fixée par un étau à la table, tandis qu'une force agit sur l'autre extrémité; tracer un graphique de la courbure, celle-ci étant mesurée par rapport à la force appliquée (6a, 8a);
- *d) à l'aide de métal en feuille ou d'un carton bristol, construire des poutres de diverses formes à partir de bandes identiques de matériaux; soumettre les poutres à des essais de rigidité et de résistance en mesurant la courbure résultant de forces connues (une extrémité de la poutre fixée à la table, la partie en suspens supportant certains poids); reporter sur un graphique les données obtenues pour montrer la rigidité relative de chaque forme; comparer le fléchissement de chaque poutre à celui d'une bande de métal non façonnée (6a, 8b, 8c);
- *e) déterminer le centre de gravité de diverses formes en les suspendant à des points différents (8d);
- *f) déterminer le volume de divers matériaux, soit par mesure directe (on devrait inciter les élèves à utiliser des calibres), soit d'après le déplacement d'eau, et calculer la masse volumique du matériau après en avoir mesuré la masse.

4. Applications

- a) L'élasticité des matériaux permet de mesurer des forces à l'aide de dynamomètres.
- b) La compression, l'étirement et la torsion des matériaux au-delà de leur limite d'élasticité permettent de donner forme à des objets comme les ailes et les pare-chocs de voiture.
- c) La résistance structurelle d'une poutre dépend de sa forme. Ainsi, on perce des trous dans l'ossature des ailes d'avion pour alléger les pièces sans en amoindrir vraiment la résistance, car la forme reste la même.

- d) Les poutres et les poutrelles porteuses des ponts et des murs comportent des croisillons disposés en triangles qui résistent à la déformation.
- e) Les fibres synthétiques sont attrayantes, résistantes et souples. Grâce à ces propriétés, elles sont tout à fait appropriées pour la fabrication de vêtements.
- f) Les qualités insonorisantes des matériaux sont fonction de la densité et de l'élasticité. Les matériaux denses et non élastiques sont d'excellents insonorisants.
- g) Certains ouvrages, notamment les ponts, comportent des joints de dilatation permettant la dilatation et le retrait thermiques de la structure.

5. Incidences sociales

- a) Sur le plan des vêtements, du logement, du transport et des communications, le niveau de vie de la population dépend de la disponibilité de matériaux résistants et relativement peu coûteux.
- b) L'utilisation de matériaux ou de procédés révolutionnaires rendant la construction plus facile ou les biens plus durables peut avoir des effets considérables sur l'embauche et, par conséquent, sur l'économie.

6. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les quatre composantes suivantes :

- a) la capacité de prendre des mesures précises avec les instruments appropriés;
- b) les notes et les comptes rendus de laboratoire;
- c) le tracé et l'interprétation des graphiques;
- d) la capacité de suivre les directives pour effectuer les activités.

7. Mesures de sécurité à envisager

- a) Les masses en suspension devraient être bien fixées, et on devrait placer sous ces masses des matériaux de protection pour qu'en cas de chute, elles n'endommagent pas le plancher ni ne blessent un ou une élève aux pieds.
- b) Si l'on génère de la vapeur et qu'on la fait passer dans des tiges creuses dans le cadre d'une expérience sur la dilatation thermique, on devrait vérifier le montage et le fonctionnement de l'appareil générant la vapeur.

Unité facultative n° 4

Unité élaborée à l'échelon local

Durée : 10 heures

- c) Tout appareil servant à tester des matériaux devrait être utilisé conformément aux consignes sécuritaires.
- d) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

8. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) étudier l'effet de divers types de croisillons sur la rigidité et la capacité de charge d'une charpente;
- b) étudier les dômes, arches et arcs-boutants dans les concepts architecturaux pour voir de quelle façon chacun de ces éléments joue un rôle dans la résistance de la charpente;
- c) prendre part à la construction de maquettes de bâtiments et de ponts dont on comparera la résistance structurelle;
- d) présenter un compte rendu sur certains sujets, notamment la fatigue des métaux, les structures et concepts géodésiques, le béton précontraint et ses applications, les techniques d'essai non destructif des matériaux, les matériaux composites et le choix de matériaux répondant à des besoins précis.

Cette unité doit être élaborée à l'échelon local, selon les besoins. Elle peut fournir l'occasion d'expliquer les rudiments d'un domaine scientifique que le programme-cadre n'aborde pas, ou d'ajouter de nouveaux objectifs aux unités, permettant ainsi de faire une étude plus approfondie d'une ou de plusieurs parties du cours. Voici des exemples des domaines que l'on peut songer à aborder ou à approfondir :

- L'astronomie élémentaire
- Les débouchés professionnels en physique
- La couleur
- L'électronique élémentaire
- Les machines
- La physique du corps humain
- Les propriétés physiques de la matière

Cette unité peut fournir aux élèves une excellente occasion de se lancer dans l'étude d'un domaine scientifique qui les intéresse tout particulièrement; les enseignants doivent approuver le choix des élèves, puis surveiller et évaluer leur travail. Les élèves peuvent travailler individuellement ou en petit groupe. On devrait veiller à ce que le sujet choisi par les élèves ne recoupe pas la matière d'autres cours de sciences qu'ils seraient susceptibles de suivre. Pour entreprendre cette unité, les élèves doivent avoir acquis une certaine expérience des travaux en laboratoire et être au courant des mesures de sécurité à respecter. Si l'on songe à procéder à l'étude d'une série de courts sujets, on peut les intégrer au programme du cours de temps à autre pendant le semestre ou l'année.

Il est prévu que cette unité englobera des composantes semblables à celles des unités obligatoires, notamment les objectifs, les activités des élèves, les applications et les incidences sociales. Il faut joindre le plan de l'unité au programme d'études de l'école et le conserver dans les dossiers afin que les élèves ou les parents qui le désirent puissent le consulter.

.....

Sciences de la technologie, 12^e année, niveau général (STE4G)

Unités obligatoires

Le langage et les calculs de
la chimie

La thermochimie

Les analyses chimiques

La cinématique

La statique

La cinétique

(98 heures)

Unités facultatives

Les fluides

Les machines

Les matériaux

Unité élaborée à l'échelon local

(12 heures)

Unité d'apprentissage n° 1

Le langage et les calculs de la chimie

Durée : 16 heures

L'objet de l'unité est de donner l'occasion aux élèves d'utiliser le langage de la chimie. On fera ressortir l'utilisation de ce langage chez les chercheurs, les techniciens, les technologues et les fabricants.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les noms et les formules chimiques
- La capacité de liaison (valence)
- La rédaction et l'équilibre des équations chimiques
- La masse atomique et la masse d'après la formule
- La mole
- Les calculs de la chimie

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre que le langage de la chimie est utilisé universellement (3b);
- b) à s'intéresser à la valeur des équations pour prévoir les quantités nécessaires de matière brute (3a, 3b);
- c) à s'interroger sur la composition chimique de substances courantes (3e, 4b);
- d) à s'engager à conserver les matières premières (3d).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) rédiger des formules et nommer les composés binaires et les composés contenant des anions communs (halogénures, oxydes, sulfures, hydroxydes, nitrates, sulfates et carbonates, par exemple), des cations (ammonium, métaux alcalins,

- métaux alcalinoterreux, par exemple) et plusieurs autres éléments, notamment le cuivre, le fer et l'aluminium (2);
- b) calculer les masses molaires et, de là, déterminer le nombre de moles ou la masse des produits chimiques nécessaires dans une réaction (2);
- c) calculer le nombre de moles, le volume et la concentration d'une solution étant connus (2b);
- d) équilibrer des équations (2);
- e) effectuer des calculs sur des équations et des formules chimiques (2);
- f) se servir correctement et avec prudence des appareils et de l'équipement de laboratoire (2);
- g) mesurer et enregistrer avec précision des données expérimentales (2);
- h) calculer un rendement théorique d'après une équation chimique équilibrée (2c, 2d).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) donner les noms et symboles d'au moins trente éléments (2, 8a);
- b) donner la signification de *capacité de liaison (valence) d'un élément* (2, 8a);
- c) à l'aide des valences et du tableau de classification périodique des éléments, rédiger les formules et donner les noms de composés binaires et de composés contenant des ions polyatomiques (2, 8a);
- d) équilibrer des équations chimiques (2);
- e) définir, avec exemples à l'appui, les termes suivants : masse molaire atomique, masse molaire, concentration et mole (2);
- f) utiliser le concept de la mole pour résoudre des problèmes stoechiométriques simples (2).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) effectuer une expérience pour déterminer le rapport molaire entre deux substances : déposer, par exemple, un clou de fer dans une solution de bromure de cuivre, ou immerger du cuivre pur dans une solution aqueuse de nitrate d'argent, ou faire un titrage en utilisant un acide et une base de concentration connue; cette expérience permettra aux élèves d'approfondir le concept de la mole et de connaître les éléments essentiels à la rédaction des équations (6a, 6b, 6d);
- *b) préparer une solution d'une concentration molaire donnée et l'utiliser pour déterminer quantitativement le nombre de moles dans une réaction (réaction fer-chlorure de cuivre, par exemple), ou préparer des solutions de concentration donnée et les vérifier par titrage avec une solution standard (6a, 6b);

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

- *c) réaliser une expérience pour déterminer le rendement d'une réaction en moles et selon la masse (la combustion de magnésium ou le réchauffement du carbonate de cuivre, par exemple), calculer le rendement théorique de la réaction et le comparer au rendement réel (6c).

3. Applications

- a) On peut rendre les processus chimiques plus efficaces en évaluant leur rendement et en prévoyant leur rentabilité.
- b) Les équations permettent aux chimistes de décrire les réactions et leurs résultats ou produits. On peut utiliser ces équations pour expliquer de nombreux procédés industriels et domestiques.
- c) Le contrôle de la qualité des aliments, des médicaments et des produits de beauté s'appuie en partie sur une connaissance des réactions chimiques.
- d) Il est possible de récupérer des métaux précieux dans les solutions en ayant recours aux réactions de déplacement.

4. Incidences sociales

- a) Les noms courants ou commerciaux des substances ne donnent pas beaucoup de renseignements sur la composition de ces produits, tandis que les noms chimiques sont habituellement plus précis à ce sujet. Il arrive qu'un même produit chimique se vende à des prix différents et sous un nom différent.
- b) La société doit trouver des moyens sécuritaires de se débarrasser de certains sous-produits de réactions chimiques à grande échelle.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les aptitudes au laboratoire;
- b) les comptes rendus de laboratoire;
- c) les expériences de laboratoire.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) Les élèves devraient savoir que nombre de produits chimiques sont dangereux s'ils sont mal utilisés. Ils ne devraient pas les approcher de la bouche et des yeux, et ils devraient laver leurs mains après en avoir manipulé.

- b) Les élèves devraient attacher leurs cheveux si ceux-ci sont longs et, s'il y a lieu, porter des lunettes et des tabliers de sécurité.
- c) Les élèves devraient éviter de regarder directement le magnésium en combustion.
- d) On devrait indiquer aux élèves les précautions à prendre lorsqu'ils manipulent du nitrate d'argent, car celui-ci tache la peau.
- e) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) préparer une substance d'au moins deux façons, calculer le rendement expérimental et comparer les rendements des différentes méthodes;
- b) faire une analyse des données expérimentales de la classe (une analyse des erreurs, par exemple);
- c) rédiger à l'intention d'un fabricant de produits chimiques un compte rendu sur la valeur des équations chimiques équilibrées;
- d) rédiger un bref compte rendu sur ce qu'ont apporté certains chimistes (notamment Lavoisier, Dalton, Mendeleïev, Pierre et Marie Curie, Pauling, Herzberg, Bartlett et Polanyi) à nos connaissances actuelles de la chimie, ou sur la comparaison entre les méthodes anciennes et les procédés modernes.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) On devrait montrer aux élèves le plus d'éléments et de substances possible lorsqu'ils apprennent les noms, symboles et valences.
- b) On peut projeter des films sur le sujet étudié.
- c) Pour les interrogations écrites et les examens, on devrait fournir aux élèves le tableau des ions, car il faut insister davantage sur la compréhension et l'utilisation des tableaux que sur la mémorisation.
- d) L'unité doit se fonder sur des expériences; son but est de permettre aux élèves d'acquérir des aptitudes sur le plan expérimental.

Unité d'enseignement n. 2

La thermochimie

Durée : 16 heures

Cette unité vise à présenter aux élèves la thermochimie ainsi que ses applications et leurs conséquences.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La température et la chaleur
- Les effets de la chaleur sur la matière
- Les chaleurs de réaction
- L'additivité des chaleurs de réaction et la conservation de l'énergie

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre à quel point l'énergie thermique est importante pour combler les grands besoins énergétiques d'une technologie sans cesse plus sophistiquée;
- b) à prendre conscience des progrès réalisés dans l'application des concepts physiques et chimiques et des répercussions de ces applications sur la société;
- c) à s'engager à conserver les ressources énergétiques;
- d) à attacher de la valeur à la précision et à l'exactitude des relevés et des mesures (2a).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) mesurer la température et la masse et calculer la chaleur spécifique de diverses substances (de 2a à 2c);
- b) déterminer la dilatation thermique de divers solides, liquides et gaz (2b, 2e);
- c) déduire la loi de l'additivité des chaleurs de réaction à partir de données expérimentales (2e);

- d) classer les réactions selon qu'elles sont physiques, chimiques ou nucléaires, et comparer approximativement les changements énergétiques en cause (2d, 2e);
- e) calculer les chaleurs de réaction, les chaleurs types de formation étant connues (2f).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) faire la distinction entre température et quantité de chaleur (2a, 2c);
- b) décrire quelques appareils de mesure thermique et expliquer leur fonctionnement (2a);
- c) comparer les avantages et les inconvénients de divers types de thermomètres et indiquer à quoi ils servent (2a);
- d) expliquer, avec exemples à l'appui, les termes suivants : dilatation linéaire, dilatation superficielle et dilatation cubique (2b);
- e) définir les termes suivants : chaleur spécifique, réaction endothermique, réaction exothermique et enthalpie (de 2c à 2e);
- f) reconnaître les réactions exothermiques et endothermiques d'après leurs caractéristiques en laboratoire (2d);
- g) déterminer si une réaction est endothermique ou exothermique d'après la chaleur de la réaction (2f);
- h) énoncer et appliquer la loi de Hess et la loi de la conservation de l'énergie (2e);
- i) savoir qu'il y a échange d'énergie lorsque des liaisons se créent ou se brisent (2e);
- j) connaître les quantités relatives d'énergie qui entrent en jeu dans des réactions physiques, chimiques et nucléaires (2e);
- k) énumérer plusieurs métiers et professions exigeant des connaissances en thermochimie.

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- a) mesurer avec précision la température de diverses substances à l'aide de différents types d'appareils de mesure thermique, dont le thermomètre à liquide, le thermomètre à cadran, le thermomètre à résistance et le thermomètre à thermocouple;
- b) mesurer la dilatation linéaire, superficielle et cubique de certains solides et liquides (6d);
- *c) déterminer au cours d'une expérience la chaleur massique de divers solides à l'aide d'un calorimètre;
- d) déterminer les effets thermiques de la dissolution (à la fois exothermique et endothermique) en utilisant, par exemple, de l'hydroxyde de sodium et du nitrate d'ammonium (6c);
- *e) effectuer des expériences simples pour déduire la loi de Hess (la réaction entre l'hydroxyde de sodium et l'acide chlorhydrique, par exemple) (6c);

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

- *f) (i) déterminer les chaleurs de réaction d'après le tableau des chaleurs types de formation; (ii) déterminer la quantité de chaleur à partir de la quantité des substances en réaction et de la chaleur de la réaction; (iii) appliquer la formule de la conservation de l'énergie (chaleur libérée = chaleur absorbée); (iv) déterminer le changement de température du calorimètre en se fondant sur sa capacité thermique précise et sa masse.

3. Applications

- Les thermomètres à gaz sont utiles à très basses températures et les thermomètres à cadran se prêtent à un grand nombre d'utilisations industrielles. Les thermomètres à résistance sont particulièrement indiqués lorsqu'il s'agit de mesurer des températures élevées (jusqu'à 1350°C) : on les trouve dans les traitements thermiques et les procédés de recuit, en métallurgie. Quant au thermomètre à thermocouple, dont la taille est très réduite, on s'en sert pour prendre des mesures précises à l'intérieur de tuyaux, cheminées, fours et culasses.
- Il faut tenir compte de la dilatation et du retrait des ouvrages extérieurs exposés aux écarts de température (on pose les rails d'acier en laissant un jeu entre les extrémités pour permettre leur dilatation avec les changements de température; les ponts sont construits sur des cylindres ou des rotules; on laisse aux lignes de transport d'électricité un certain jeu; les grands murs de maçonnerie ont des joints de dilatation verticaux remplis d'un calfeutrage souple).
- Les changements d'état sont importants dans l'industrie (l'affinage des métaux et le raffinage du pétrole, par exemple).
- La réaction aluminothermique engendre suffisamment de chaleur pour faire monter au-dessus du point de fusion la température du fer produit, avant que l'énergie thermique ne se dissipe.
- Les centrales électriques utilisent l'énergie des réactions physiques, chimiques ou nucléaires.

4. Incidences sociales

- La conservation de l'énergie et l'utilisation de sources d'énergie de remplacement, dont l'énergie solaire, prendront de plus en plus d'importance à mesure que s'épuiseront les réserves de combustibles fossiles.
- Dans les maisons et les immeubles de demain, les systèmes de chauffage et de climatisation seront bien différents de ceux d'aujourd'hui.
- L'énergie thermique a amélioré le mode de vie des gens et est essentielle à leur survie, tant sur le plan humain que technique.
- Les polluants des moteurs thermiques menacent l'environnement et la santé des citoyens.

- La pollution thermique des rivières et des lacs suscite des inquiétudes dans certaines régions du monde.
- Les réserves de combustibles fossiles s'épuisent, ce qui amène les sociétés industrielles à dépendre de plus en plus de l'énergie nucléaire. Ainsi, le problème des précipitations acides risque d'être remplacé par celui du stockage des déchets radioactifs.
- La conservation des substances par extraction de la chaleur a eu des incidences considérables sur la société (aliments surgelés, banques de sang, banques de sperme pour la reproduction du bétail, par exemple).

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- les expériences et les comptes rendus de laboratoire;
- les travaux de laboratoire.

6. Mesures de sécurité à envisager

- Il faudrait éviter d'utiliser des thermomètres à colonne de mercure.
- Les élèves devraient être très prudents quand ils se servent de tubes de verre et qu'ils insèrent des thermomètres dans les bouchons de caoutchouc.
- On devrait montrer aux élèves de quelle façon utiliser les solutions potentiellement toxiques, réactives ou corrosives. On devrait leur demander de ne pas approcher les liquides et les solides de leur bouche, de laver leurs mains après avoir manipulé des produits chimiques, de nouer leurs cheveux si nécessaire et d'attacher les vêtements amples.
- Les élèves devraient porter des lunettes et un tablier de sécurité lorsqu'ils chauffent des solutions.
- La réaction aluminothermique ne devrait faire l'objet que d'une démonstration.
- Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- faire des recherches sur l'utilisation des pyromètres optiques pour mesurer des températures très élevées;
- faire des recherches sur l'utilisation des spectrophotomètres à ultraviolet et à infrarouge et énoncer les principes sur lesquels ils se fondent;

Unité obligatoire n° 3

- c) effectuer diverses expériences faisant ressortir le comportement anormal de l'eau;
- d) effectuer des expériences faisant ressortir les divers facteurs qui influent sur le point d'ébullition d'une substance;
- e) étudier l'énergie mise en cause dans les réactions de fission et de fusion nucléaires; mentionner l'équation d'Einstein relative à la masse, à l'énergie et à la vitesse réelle ($E = mc^2$);
- f) faire une recherche sur le fonctionnement des chauffe-mains chimiques;
- g) effectuer des expériences pour déterminer les chaleurs de dilution;
- h) comparer la cuisson des œufs et des pommes de terre au four micro-ondes et dans un four conventionnel;
- i) faire des recherches sur l'importance du zéro absolu et indiquer certaines des raisons pour lesquelles il est difficile d'atteindre cette température.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Les activités proposées dans cette unité devraient être axées sur les élèves. Si l'on ne dispose pas de suffisamment de matériel de laboratoire, les groupes d'élèves peuvent passer à tour de rôle d'un poste de travail à un autre, chaque poste étant doté de l'équipement nécessaire pour une activité particulière.
- b) On devrait discuter de l'utilité, de la précision, de l'échelle et des limites de chaque type de thermomètre.
- c) Les enseignants devraient rappeler aux élèves qu'il est important d'indiquer l'état (solide, liquide, gaz ou solution) de chaque réactif ou produit dans la rédaction d'équations chimiques.
- d) On peut préférer le terme *teneur en chaleur* au terme *enthalpie*. Les unités d'énergie s'expriment de préférence en kilojoules.
- e) On devrait établir des comparaisons de grandeur entre les quantités d'énergie libérées par des réactions physiques, chimiques et nucléaires.

Les analyses chimiques

Durée : 17 heures

Cette unité vise à faire connaître aux élèves certaines techniques de chimie analytique et leur donne l'occasion de faire des travaux pratiques au laboratoire pour découvrir des «inconnues».

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- ▢ L'analyse quantitative
- ▢ L'analyse gravimétrique
- ▢ L'analyse de solutions
- ▢ L'analyse chromatographique
- ▢ L'analyse instrumentale
- ▢ Les métiers et professions dans le secteur de la chimie analytique

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre l'utilité des analyses chimiques dans le contrôle de la qualité dans toutes les industries, notamment celles de la transformation des aliments et des produits pharmaceutiques (3a, 3d, 3e, 4a, 4d);
- b) à s'intéresser à la valeur des analyses chimiques dans des domaines comme la criminalistique et la lutte contre la pollution (3b, 3c, 4b, 4d);
- c) à avoir confiance en leurs propres aptitudes analytiques (2d, 2e);
- d) à être en mesure d'analyser les affirmations d'autres personnes (8c);
- e) à attacher de la valeur à la précision et à l'exactitude des mesures et des relevés (3).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) suivre des directives verbales ou écrites pour vérifier la présence et la quantité d'une substance dans un échantillon donné (de 2b à 2e);
- b) se servir correctement et avec prudence des appareils de laboratoire (de 2b à 2h);
- c) évaluer les limites de précision du matériel de laboratoire (de 2b à 2h);
- d) résumer les observations sous forme de tableau (de 2b à 2h);
- e) communiquer efficacement les résultats obtenus au cours des expériences effectuées au laboratoire (de 2b à 2h);
- f) résoudre des problèmes par la méthode empirique (2);
- g) se familiariser avec les méthodes d'analyse (de 2b à 2h);
- h) résoudre des problèmes touchant la concentration d'une substance dans un composé (de 2b à 2d);
- i) faire des recherches et rédiger un compte rendu sur les métiers et professions dans lesquels on procède à des analyses chimiques (2a).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) définir ou expliquer en quoi consistent les analyses gravimétriques, chromatographiques ou volumétriques;
- b) expliquer de quelle façon un organigramme peut servir à la structuration des méthodes d'analyse (de 2b à 2d);
- c) faire la distinction entre une observation et une déduction (de 2b à 2h, 8c);
- d) vérifier, à l'aide d'un plan d'analyse, la présence ou l'absence de certaines substances dans un échantillon (de 2b à 2e);
- e) expliquer comment les propriétés chimiques et physiques influent sur le genre de techniques d'analyse utilisées (de 2b à 2h);
- f) énumérer plusieurs métiers et professions exigeant une connaissance des analyses chimiques (2a).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) après avoir fait des recherches à la bibliothèque ou interrogé différentes personnes, préparer un compte rendu oral ou écrit sur le grand nombre de métiers et professions dans lesquels on procède à des analyses chimiques;
- b) faire une analyse quantitative d'un polluant métallique dans l'eau ou d'un échantillon susceptible de contenir des contaminants (6a, 6b);
- c) déterminer la teneur en fer de certains échantillons d'aliments (6a, 6b);

- *d) effectuer une détermination gravimétrique du cuivre, du cobalt, du nickel ou du zinc (on peut y substituer des expériences comparables, notamment la détermination du pourcentage d'ions de phosphate dans un échantillon phosphaté) (6a, 6b);
- *e) faire une analyse volumétrique, par exemple, déterminer la quantité de vitamine C dans plusieurs produits de consommation ou la quantité de calcium et de magnésium dans un échantillon de lait (6a);
- f) faire une extraction par solvant en enlevant, par exemple, l'iode contenu dans une solution (6a, 6c);
- g) déterminer la teneur en bioxyde de soufre de divers aliments (6a, 6b);
- h) déterminer la teneur du lait en minéraux (6a, 6b).

3. Applications

- a) Le contrôle de la qualité des aliments, des médicaments et des produits de beauté se fonde sur des analyses chimiques.
- b) En criminalistique, l'analyse des substances peut contribuer à la solution des crimes.
- c) Dans les sciences de l'environnement, on s'appuie sur les analyses chimiques pour trouver les polluants et les contaminants.
- d) Nombre de procédés industriels reposent sur les analyses chimiques (la sidérurgie et la pétrochimie, par exemple).
- e) On procède à des analyses chimiques pour diagnostiquer de nombreuses maladies. Ainsi, grâce à l'analyse d'urine, on peut déceler le diabète sucré.

4. Incidences sociales

- a) Sans les normes de contrôle de la qualité fondées sur les analyses chimiques, la société devrait s'accommoder de produits de consommation dont la pureté varierait grandement.
- b) Les médecins légistes ont recours aux analyses chimiques pour assembler et examiner les preuves qui serviront aux enquêtes policières.
- c) Les médecins ont recours à de nombreuses techniques d'analyse chimique pour faire des diagnostics rapides et précis.
- d) Les plages, les piscines et les réserves d'eau potable sont constamment soumises à des analyses des contaminants.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les quatre composantes suivantes :

- a) les aptitudes au laboratoire;
- b) les comptes rendus de laboratoire;

- c) les expériences au laboratoire;
- d) les recherches effectuées à la bibliothèque (au moins 10 pour 100 de la note).

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) On devrait avertir les élèves que nombre de produits chimiques sont dangereux et qu'il ne faut jamais les porter à la bouche; les élèves doivent laver leurs mains chaque fois qu'ils ont manipulé des produits chimiques.
- b) Les élèves devraient attacher leurs cheveux et porter des lunettes et un tablier de sécurité.
- c) Il faut prendre des précautions particulières avec certains produits qui peuvent être utilisés au cours de l'unité (iode, acide nitrique, par exemple).
- d) Il faut faire preuve de prudence quand on travaille près d'une flamme non protégée.
- e) Il faut prendre toutes les précautions nécessaires quand on se sert d'appareils de distillation.
- f) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) visiter un laboratoire de criminalistique;
- b) recueillir des échantillons d'eau à divers endroits et les analyser;
- c) visiter un laboratoire de contrôle de la qualité;
- d) étudier la chromatographie liquide-gaz;
- e) faire des recherches sur divers instruments d'analyse, dont ceux utilisés dans la détection des infrarouges et des ultraviolets ou de la résonance magnétique nucléaire;
- f) pour compléter l'expérience sur l'extraction de l'iode en solution par solvant, utiliser un colorimètre et tracer une courbe d'absorption;
- g) recueillir des échantillons d'air à divers endroits et les analyser;
- h) analyser un échantillon de larme.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Comme l'unité est axée sur les activités des élèves, le travail théorique devrait être minime.
- b) Pour susciter l'intérêt des élèves et rendre l'unité plus pertinente, il est possible d'inventer des problèmes à résoudre. On peut ainsi créer des cas de criminalistique pour la plupart des analyses, ou utiliser des échantillons de minerai de l'Ontario pour les analyses des métaux.
- c) On devrait insister sur l'utilisation de bonnes techniques de laboratoire permettant d'en arriver à des observations, à des mesures et à des déductions précises, plutôt que sur la compréhension des réactions chimiques en cause.
- d) L'évaluation devrait porter principalement sur les activités et les travaux de laboratoire plutôt que sur les examens écrits.
- e) Si l'on ne dispose pas de suffisamment de matériel de laboratoire, les groupes d'élèves peuvent passer à tour de rôle d'un poste de travail à un autre, chaque poste étant doté de l'équipement nécessaire pour une activité particulière.

Unité obligatoire n° 4

La cinématique

Durée : 16 heures

La cinématique étudie le mouvement d'un corps en le décomposant en éléments. La connaissance des grands principes de la cinématique facilite grandement l'étude des machines, des moyens de transport et de l'univers quotidien. Avec l'avènement de la robotique, on a besoin plus que jamais de meilleures connaissances en cinématique. La précision est essentielle dans les organes mécaniques à mouvement rapide; l'étude de la cinématique fait ressortir l'importance de cette précision.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les équations de la cinématique
- Le déplacement
- Le vecteur vitesse
- L'accélération

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à prendre conscience de l'importance des graphiques et des diagrammes à l'échelle dans l'illustration du mouvement et de ses résultats (3e);
- b) à vouloir effectuer des mesures précises et à consigner des données exactes (3a, de 3c à 3e);
- c) à prendre conscience de la validité des données expérimentales (3a, 3c, 4a).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) mesurer les temps et les déplacements d'un objet en mouvement (2a, 2d);

- b) tracer les courbes de déplacement-temps et de vitesse-temps à partir des expériences effectuées (2a);
- c) déterminer la vitesse en calculant la pente d'une courbe de déplacement-temps, à un moment précis et pour un intervalle donné (2b);
- d) déterminer l'accélération moyenne et l'accélération instantanée à partir de courbes de vitesse-temps (2b);
- e) déterminer le déplacement à partir de l'aire sous la courbe de vitesse-temps de mouvements uniformes et non uniformes (2b);
- f) interpréter des courbes de mouvement (2a, 2b);
- g) résoudre des problèmes d'accélération uniforme à l'aide de l'équation de la cinématique $a = v/t$;
- h) représenter les vecteurs par des segments orientés (2c, 2d);
- i) tracer des diagrammes de vecteurs pour déterminer la vitesse et le déplacement résultants (2c, 2d).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) connaître le sens des termes suivants : distance, déplacement, vitesse, vecteur vitesse et accélération (de 2a à 2d);
- b) faire la distinction entre (i) distance et déplacement et (ii) vitesse et vecteur vitesse (de 2a à 2d);
- c) faire la distinction entre déplacement et vecteur vitesse en visionnant des bandes vidéo sur le mouvement (2a);
- d) connaître la signification des pentes et des aires des graphiques de mouvement (2b);
- e) connaître le sens des termes suivants : mouvement uniforme, mouvement accéléré (uniforme et non uniforme), déplacement résultant et vecteur vitesse résultant (de 2a à 2d);
- f) décrire le mouvement d'un objet à partir d'un graphique de déplacement-temps ou de vitesse-temps (2a, 2b);
- g) choisir les équations cinématiques pertinentes pour résoudre un problème d'accélération uniforme en ligne droite.

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) mesurer à intervalles consécutifs les déplacements d'objets subissant des accélérations uniformes et non uniformes puis tracer à partir de ces données les courbes de déplacement-temps et de vitesse-temps (de 2a à 2c, 8a, 8c);
- *b) analyser des courbes de déplacement-temps pour déterminer les vecteurs vitesses; analyser des courbes de vitesse-temps pour déterminer les accélérations et les déplacements;
- c) déterminer, sur une carte géographique, la distance totale parcourue et le déplacement résultant, ainsi que la vitesse moyenne et le vecteur vitesse d'au moins un vol d'avion entre trois endroits;

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

- *d) tracer un diagramme de vecteurs pour déterminer la vitesse réelle résultante d'un objet (un aéronef ou un bateau subissant l'effet d'un vent ou d'un courant, par exemple);
- e) à l'aide des données tirées d'un texte ou d'un guide de formation des conducteurs, tracer une courbe des distances d'arrêt d'une voiture par rapport au vecteur vitesse, et interpoler et extrapoler les valeurs d'après le graphique.

3. Applications

- a) Les magazines traitant des produits de consommation publient souvent des données techniques sur les nouvelles voitures, notamment l'accélération et les distances d'arrêt.
- b) La conception des voies d'accélération des autoroutes et des pistes de décollage des aéroports exigent une connaissance de la cinématique.
- c) Les constructeurs et les pilotes automobiles cherchent constamment à atteindre de plus grandes vitesses.
- d) La conception et la programmation des robots industriels font appel à la connaissance de la cinématique.
- e) Les pilotes et les marins utilisent les vecteurs pour tracer ou corriger leurs plans de vol ou de navigation.

4. Incidences sociales

- a) Le fait de savoir qu'il existe un rapport entre les distances d'arrêt et la vitesse d'un véhicule peut influencer les habitudes de conduite d'une personne.
- b) Grâce à l'ordinateur, il est possible de réaliser, à partir de différentes données, des graphiques et des tableaux à analyser.
- c) La fascination qu'exerce la vitesse sur nombre de personnes a contribué à la popularité des courses de voiture et de hors-bord.
- d) La mise au point de moyens de transport toujours plus rapides a donné naissance au village planétaire.
- e) Les notions de déplacement, de vecteur vitesse et de temps sont indissociables de nombre d'activités quotidiennes.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les comptes rendus de laboratoire;
- b) les aptitudes au laboratoire;
- c) les expériences de laboratoire.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) Tout essai effectué sur route pour recueillir des données devrait avoir lieu loin des routes à grande circulation.
- b) Une période d'échauffement devrait précéder les essais à bicyclette.
- c) On devrait demander aux élèves de ne pas s'appuyer sur les rails et les tables à coussin d'air.
- d) Tout le matériel électrique devrait avoir été approuvé sur le plan de la sécurité.
- e) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) faire des recherches sur le mouvement angulaire ou curviligne, puis comparer l'un ou l'autre de ces éléments ou les deux au mouvement rectiligne;
- b) étudier les effets perceptibles à mesure qu'un aéronef s'approche du mur du son et le franchit et rédiger un compte rendu sur le sujet.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Les élèves devraient être incités à utiliser le nombre de chiffres significatifs reflétant la précision des appareils de mesure utilisés lorsqu'ils recueillent ou manipulent des données.
- b) Les élèves devraient être invités à proposer des améliorations aux expériences qu'ils effectuent.
- c) Dans la mesure du possible, on analysera des situations cinématiques réelles au lieu d'effectuer des expériences de laboratoire. Cette façon de procéder devrait motiver davantage les élèves.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

Unité obligatoire n° 5

La statique

Durée : 12 heures

L'objet de l'unité est de mieux faire comprendre aux élèves pourquoi les ouvrages de maçonnerie restent stables, malgré les nombreuses forces qu'ils subissent. L'étude de ces phénomènes s'appelle la *statique*.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- ▀ Les caractéristiques d'une force
- ▀ La représentation vectorielle d'une force
- ▀ Les forces résultantes
- ▀ La décomposition des forces en composantes
- ▀ Les moments de forces
- ▀ La résultante d'un ensemble de forces parallèles
- ▀ Les diagrammes de corps libres
- ▀ Les réactions à un corps rigide

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre que les problèmes de forces peuvent se résoudre à l'aide de graphiques et avec suffisamment de précision pour être techniquement utiles (3a);
- b) à comprendre que la statique est utile dans la conception d'ouvrages de maçonnerie sécuritaires (3a, 4a, 4c);
- c) à constater que, grâce à la représentation graphique, on peut visualiser un système de forces et gagner du temps dans les calculs (de 3a à 3c).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) utiliser les échelles appropriées pour tracer des vecteurs de force (2b);
- b) tracer la parallèle et la perpendiculaire d'une ligne donnée à l'aide d'une équerre et d'un crayon (2a);
- c) décomposer par vecteurs et par graphique une force donnée en deux directions données perpendiculaires l'une à l'autre (2a);
- d) tracer un diagramme de corps libre représentant les forces agissant sur un corps (de 2b à 2f);
- e) déterminer la résultante d'un système de forces parallèles (de 2d à 2f);
- f) déterminer par vecteurs la résultante d'au moins deux forces à l'aide des règles de l'addition vectorielle (2b);
- g) lire un dynamomètre (de 2b à 2d, 2g);
- h) résoudre des problèmes simples faisant appel à des moments de forces (de 2d à 2f).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) connaître le rapport entre la masse d'un objet et la force de gravité agissant sur cet objet (2c);
- b) décrire, dans une situation statique, l'amplitude, la direction et le point d'application de forces connues (de 2b à 2g);
- c) représenter des forces connues par les vecteurs appropriés (2b);
- d) expliquer les termes *résultante* et *équilibrante* (de 2b à 2g);
- e) comparer, dans une situation statique, l'amplitude et la direction de la résultante et de l'équilibrante (de 2d à 2g);
- f) définir le *moment d'une force* et le *couple* (2d);
- g) expliquer le principe de la transmissibilité d'une force (2g);
- h) préciser le rapport entre le couple (ou moment) et la distance de la force par rapport à l'axe de rotation (de 2d à 2f).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) tracer la parallèle et la perpendiculaire à une ligne donnée à l'aide d'une équerre à 30°-60° et d'une équerre à 45° (8a, 8b);
- *b) déterminer la résultante de deux forces à l'aide d'un tableau de forces; établir la direction de la résultante et de l'équilibrante; et vérifier la résultante à l'aide d'un graphique (8c);
- *c) déterminer (i) la force de gravité agissant sur diverses masses, à l'aide d'un dynamomètre, et (ii) calculer la constante du champ de gravitation près de la surface de la Terre;
- d) étudier le principe des moments à l'aide de masses suspendues à une tige équilibrée ou à un mètre (6, 8d);

- *e) pour diverses charges suspendues à une baguette rigide horizontale, (i) déterminer le point à partir duquel la baguette tient en équilibre, (ii) déterminer la force nécessaire pour tenir en équilibre la baguette chargée et (iii) vérifier mathématiquement l'amplitude et la position de la force d'appui, *ou encore* utiliser une tige à pivot horizontal et appliquer la force horizontalement pour éliminer la force de gravité (6, 8e);
- f) appuyer une tige rigide sur deux dynamomètres fixés à un cadre; fixer une ou plusieurs charges à la tige, dans diverses positions, et prendre note de la valeur affichée par chaque dynamomètre; vérifier mathématiquement ces valeurs (6);
- g) comparer les lectures d'un dynamomètre fixé à une masse par une corde (i) lorsque la masse est suspendue verticalement, (ii) lorsque le dynamomètre est fixé verticalement à un appui rigide et que la corde et la masse sont suspendues à une poulie, et (iii) lorsque le dynamomètre est fixé horizontalement à un appui rigide et que la corde et la masse sont suspendues à une poulie (6).

3. Applications

- a) Grâce à la statique, on peut déterminer les charges agissant sur les membres d'une charpente et sur des fondations.
- b) L'effet des charges statiques sur les pièces de charpente est souvent calculé par ordinateur.
- c) Le principe des moments a été utilisé dans la conception de nombreux mécanismes et machines d'usage courant.
- d) Une balance à plateaux fonctionne d'après le principe des moments.

4. Incidences sociales

- a) En respectant les concepts d'équilibre en architecture, on prévient les catastrophes.
- b) Grâce à la conception assistée par ordinateur, on peut maintenant étudier plusieurs solutions techniques et statiques de rechange, tandis qu'auparavant on avait à peine le temps d'examiner une solution.
- c) Depuis quelques années, nombre des nouvelles variantes architecturales sont attribuables à une meilleure connaissance des principes de la statique.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les quatre composantes suivantes :

- a) les aptitudes au laboratoire;
- b) les comptes rendus de laboratoire;
- c) les expériences de laboratoire;
- d) la recherche à la bibliothèque (au moins 10 pour 100 de la note).

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) Les élèves devraient savoir qu'il faut se servir du matériel avec précaution pour prévenir la chute de poutres ou de masses.
- b) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) étudier de quelle façon on soutient un porte-à-faux pour qu'il ne bascule pas;
- b) observer des structures appuyées par des haubans et décrire les forces qui interviennent;
- c) résoudre des problèmes de vecteurs comportant le calcul des composantes et des résultantes des forces;
- d) étudier les conditions régissant l'équilibre d'un point.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Les élèves devraient avoir l'occasion de se familiariser avec la lecture d'échelles de dessin et de rapporteurs, le tracé de lignes parallèles à une ligne donnée à l'aide d'équerres et le tracé de diagrammes de corps libres.
- b) Pour dessiner, il est préférable d'utiliser des crayons bien taillés plutôt que des stylos à bille.
- c) Les cadres et les tables de force peuvent être construits à l'atelier de l'école ou à l'aide du matériel de laboratoire.
- d) On peut étudier le principe des moments en suspendant un mètre et en y fixant des masses mobiles dans diverses positions.
- e) Pour déterminer le point d'équilibre d'un mètre où sont suspendues des masses, on peut donner à différents groupes d'élèves des combinaisons différentes de position des masses.

Unité obligatoire n° 6

La cinétique

Durée : 21 heures

La cinétique est l'étude de la force et du mouvement. Les notions de force, de travail, d'énergie et de puissance qui se dégagent de l'étude de la cinétique sont les fondements des techniques du génie moderne.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les lois du mouvement de Newton
- Le coefficient de friction
- Le travail et l'énergie
- La puissance

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à saisir l'importance de l'expérimentation dans la compréhension des phénomènes physiques;
- b) à saisir l'importance de la loi de la conservation de l'énergie dans la conception et le fonctionnement des mécanismes ou machines (3, 4c).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) mesurer la masse d'un objet (de 2b à 2e);
- b) à l'aide d'un dynamomètre, mesurer la force agissant sur un objet (de 2b à 2d);
- c) consigner avec précision des observations faites au cours d'expériences, dont celles sur l'accélération de divers objets soumis à des forces différentes (de 2a à 2f);
- d) structurer de façon appropriée les données expérimentales en tableaux (2b, 2c);

- e) exercer un contrôle sur des variables lors de l'étude de la deuxième loi de Newton sur le mouvement (2b).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) énoncer la première loi de Newton sur le mouvement et décrire ou expliquer des situations où elle s'applique (2a);
- b) donner la formule de la deuxième loi de Newton sur le mouvement (2b);
- c) énoncer la troisième loi de Newton sur le mouvement et décrire ou expliquer des situations où elle s'applique (2d);
- d) appliquer les lois du mouvement de Newton à des problèmes mettant en jeu une ou plusieurs forces (de 2a à 2d);
- e) définir les termes *force normale* et *coefficient de friction* (2e);
- f) faire la distinction entre frottement statique et frottement cinétique (2e);
- g) faire la distinction entre énergie potentielle et énergie cinétique (2i);
- h) énoncer les formules servant au calcul de l'énergie potentielle de gravitation et de l'énergie cinétique (2h, 2i);
- i) énoncer le rapport entre le travail effectué et l'énergie transformée (2i, 2j);
- j) énoncer la loi de la conservation de l'énergie et trouver les transformations d'énergie qui se produisent dans le fonctionnement d'un mécanisme ou d'une machine en particulier (2i, 2j);
- k) définir la *puissance* et énoncer une formule permettant de la calculer (2j).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- a) étudier plusieurs exemples illustrant la première loi de Newton sur le mouvement (6);
- *b) étudier le rapport entre la force, la masse et l'accélération (6, 8a, 8c, 8e);
- *c) préparer et effectuer une expérience pour déterminer l'accélération due à la gravité (6, 8a);
- d) étudier plusieurs exemples illustrant la troisième loi du mouvement de Newton (6);
- *e) déterminer le coefficient de frottement statique et de frottement cinétique de deux surfaces en contact (8a);
- f) résoudre des problèmes relatifs à des objets sur des plans inclinés;
- g) déterminer la force nécessaire pour soulever un objet à une hauteur donnée et calculer le travail ainsi accompli (6, 8a);
- h) étudier le rapport entre l'énergie potentielle d'une balle à l'extrémité supérieure d'une rampe ou d'une cannelure et l'énergie cinétique de cette même balle qui roule jusque sur la

* Voir la sous-section intitulée « Activités des élèves », page 5.

table ou le plancher, et expliquer les différences de valeurs (8c, 8d, 8f);

- i) résoudre des problèmes liés à la conservation de l'énergie;
- j) effectuer une expérience visant à calculer la puissance fournie par un ou une élève ou une machine accomplissant une tâche.

3. Applications

- a) La conception des machines (celle des robots industriels, par exemple) s'appuie sur les principes de la cinétique.
- b) On peut réduire les forces nécessaires au fonctionnement d'une machine en concevant pour celle-ci des pièces très légères mais assez robustes pour la tâche à exécuter (matériaux utilisés dans la construction des fusées ou de voitures plus légères, par exemple).
- c) Le battage de pieux illustre la transformation de l'énergie potentielle en travail. Le même principe peut servir à l'évaluation de la charge que peut soutenir un pieu enfoncé.
- d) Les masses de démolition transforment l'énergie cinétique en travail.
- e) On se sert des huiles lubrifiantes pour réduire la friction et l'énergie transformée en chaleur par frottement.

4. Incidences sociales

- a) Une loi a rendu obligatoire le port des ceintures de sécurité dans les voitures; les passagers sont ainsi mieux protégés en cas de collision.
- b) Les manèges des parcs d'attraction sont conçus d'après les principes de la cinétique.
- c) Les machines sont conçues de façon qu'elles utilisent au mieux les principes de la cinétique lorsqu'elles fonctionnent.
- d) La conversion des sources d'énergie non renouvelable en chaleur constitue l'un des grands problèmes qui se posent à la société.
- e) On essaie aujourd'hui de produire des machines plus efficaces pour réduire la consommation d'énergie.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les aptitudes au laboratoire;
- b) les comptes rendus de laboratoire;
- c) les expériences de laboratoire.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) La prudence est de rigueur dans les expériences où on laisse tomber des masses.
- b) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) consulter les rapports officiels et comparer la puissance des voitures et celle des camions;
- b) construire et lancer des maquettes de fusées;
- c) construire et calibrer en newtons un dynamomètre;
- d) concevoir et construire un véhicule mû par une bande élastique et en vérifier le rendement énergétique.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Les observations contenant des données numériques devraient être présentées sous forme de tableau.
- b) On devrait donner aux élèves la possibilité de formuler des conclusions d'après leurs expériences.
- c) Dans la mesure du possible, les problèmes à résoudre devraient représenter des situations réelles ou plausibles et varier d'assez faciles à très difficiles.
- d) Les élèves devraient être invités à proposer des améliorations aux expériences qu'ils effectuent.
- e) Plusieurs types d'appareils, dont la table à coussin d'air ou les chronomètres enregistreurs, pourraient être utilisés simultanément par des groupes différents lors de l'étude de la deuxième loi de Newton sur le mouvement.
- f) Les règles de plastique peuvent servir de cannelures pour les expériences sur la conversion de l'énergie.
- g) On ne devrait pas demander aux élèves de mémoriser les formules; on devrait plutôt mettre l'accent sur leur application.

Unité facultative n° 1

Les fluides

Durée : 12 heures

L'objet de l'unité est de donner l'occasion aux élèves d'analyser et de prévoir le comportement des fluides au repos et en mouvement. On mettra également l'accent sur l'utilisation pratique des propriétés uniques des fluides.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La densité des fluides
- La pression hydrostatique
- La pression manométrique
- Le principe d'Archimède
- L'écoulement laminaire
- Le principe de Bernoulli

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à s'interroger sur les effets que créent des fluides au repos et en mouvement (3d, 3e, 3g, 4a, 4b);
- b) à prendre conscience du rôle essentiel qu'Archimède, Bernoulli et Pascal ont joué dans l'évolution des sciences (3c, 3d, 3f, 3g, 4c);
- c) à saisir l'importance des fluides et de leurs propriétés (3a, 4).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) mesurer, calculer et noter la masse, le volume, la masse volumique et la pression de divers liquides (de 2a à 2h, 2k);
- b) mesurer les pressions hydrostatiques relatives des fluides à l'aide d'un manomètre (2b, 2c);
- c) résoudre mathématiquement des problèmes liés à la pression dans un fluide à l'aide de la formule $p = gh$ (2b);

- d) mesurer la densité relative d'un liquide à l'aide d'un hydromètre (2h);
- e) lire un baromètre à mercure ou anéroïde (2f);
- f) consigner et interpréter les résultats des expériences effectuées pendant l'étude du principe d'Archimède (2g);
- g) tracer des diagrammes de corps libres des forces agissant sur des objets entièrement ou partiellement submergés dans un liquide (2g);
- h) observer et tracer des diagrammes illustrant des exemples d'écoulement laminaire ou non laminaire (2i);
- i) résoudre des problèmes mathématiques simples portant sur la loi de Pascal, la pression manométrique et la pression absolue, et le principe d'Archimède (2d, 2e, 2g);
- j) consigner et interpréter les données touchant la pression dans les trois sections d'un tube Venturi (2k).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) se souvenir des notions de masse, de surface, de volume et de masse volumique, ainsi que des unités et symboles SI servant à les représenter (2a, 2g, 2h);
- b) définir la *pression* en tant que force par unité de surface, mesurée en pascals (unités SI), et utiliser le symbole Pa en tant qu'unité SI (2e, 2f);
- c) expliquer la formation de la pression dans des situations où les liquides et les gaz sont au repos ou en mouvement (2b, 2d, 2f, 2i, 2k);
- d) expliquer en quoi la masse volumique et la hauteur influent sur la pression hydrostatique (2b);
- e) préciser le ou les rapports entre la masse volumique, la profondeur (hauteur) et la pression dans un liquide, c'est-à-dire $\text{pression} = \text{masse volumique} \times \text{hauteur}$ (2b);
- f) décrire la corrélation existant entre la pression, la surface et la forme d'un contenant (2c);
- g) expliquer le fonctionnement d'un baromètre (2f);
- h) donner des exemples illustrant la loi de Pascal, trouver et expliquer des situations où elle entre en jeu (dans un boyau d'incendie sous pression ou une chambre à air gonflée, par exemple) (2d);
- i) faire la distinction entre pression atmosphérique, pression manométrique et pression absolue, et énoncer le rapport qui lie ces types de pression (2e);
- j) faire un dessin schématisé d'un levier hydraulique et expliquer le fonctionnement de cet appareil (2d);
- k) énoncer le principe d'Archimède et expliquer les effets de la flottation dans les fluides à partir de celui-ci (2g);
- l) faire la distinction entre écoulement laminaire et écoulement non laminaire dans un fluide (2i);
- m) déterminer les facteurs qui régissent la traînée produite par un objet se déplaçant dans un liquide (2j);

- n) expliquer les variations de pression observées à divers endroits d'un tube Venturi dans lequel coule de l'eau (2k);
- o) énoncer le principe de Bernoulli et en expliquer certaines applications (2k).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) mesurer le volume et la masse d'un échantillon donné de liquide et en calculer la masse volumique (6a, 6b);
- b) effectuer une expérience pour (i) comparer les pressions, à une hauteur donnée, dans des liquides de masse volumique différente, (ii) comparer la pression dans un liquide à des hauteurs de colonne différentes et (iii) déterminer l'effet de la hauteur d'une colonne de liquide sur la pression près de la base (6a, 6b, 8a, 8b, 8e);
- c) déterminer au cours d'une expérience le rapport entre la pression et la forme d'un contenant en exerçant un contrôle sur toutes les autres variables;
- d) vérifier au cours d'une expérience la loi de Pascal (6c, 8b, 8c, 8f, 8g);
- *e) mesurer et prendre note de plusieurs pressions manométriques et calculer la pression absolue (6c, 8b, 8c);
- *f) lire la pression d'air sur un baromètre anéroïde pendant au moins trois jours d'affilée (6b, 8b);
- *g) vérifier le principe d'Archimède sur des objets suspendus et flottants (8b);
- *h) déterminer les masses volumiques relatives de plusieurs liquides à l'aide d'un hydromètre (6a, 6b, 8b);
- *i) faire des recherches sur les écoulements laminaires et les écoulements non laminaires (turbulents) et tracer des diagrammes;
- j) calculer le temps que mettent des billes de forme, de taille et de masse différentes pour tomber au fond de colonnes de liquide de masse volumique différente (6b, 8b);
- k) mesurer la pression relative d'un écoulement laminaire dans un tube Venturi (i) en aval de l'étranglement, (ii) à l'étranglement et (iii) en amont (8b, 8c).

3. Applications

- a) Les fluides constituent un milieu de transport pour toute une gamme de systèmes allant des systèmes intracellulaires aux vols intercontinentaux (les constituants en solution entrent dans les cellules et en sortent, le poisson nage dans l'eau, l'oiseau vole dans l'air, les sons passent de la bouche à l'oreille grâce à l'atmosphère, etc.).
- b) Les fluides servent de lubrifiant et réduisent donc le frottement (le liquide synovial des articulations, la salive dans la gorge,

l'huile dans les charnières et la graisse entre les pièces d'automobile, etc.).

- c) Pour déterminer la qualité des divers fluides, on utilise un hydromètre et on mesure la masse volumique relative de ces fluides (la concentration de l'antigel ou celle de l'acide dans la batterie, par exemple).
- d) Grâce au principe d'Archimède, on peut expliquer le fonctionnement des sous-marins, des montgolfières et des ballons-sondes.
- e) Les aéronefs et les véhicules automobiles sont conçus de façon à produire le minimum de traînée, ce qui réduit la consommation de carburant.
- f) La presse hydraulique est l'une des applications universelles de la loi de Pascal.
- g) Les carburateurs de voitures et les atomiseurs sont des applications du principe de Bernoulli.

4. Incidences sociales

- a) Les variations de pression atmosphérique constituent l'un des facteurs de la fluctuation du temps.
- b) La loi de Pascal a mené à la mise au point de nombreux dispositifs hydrauliques, lesquels ont supprimé certains travaux manuels et donné lieu à des progrès techniques jadis impensables.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) la capacité d'exécuter les travaux de laboratoire;
- b) les interrogations pratiques;
- c) les comptes rendus de laboratoire.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) On devrait éviter d'utiliser du mercure.
- b) On devrait informer les élèves des risques que comporte chacun des liquides utilisés.
- c) On devrait mettre les élèves en garde contre les différences de pression qui peuvent se produire dans certains appareils de laboratoire, dont la presse hydraulique.
- d) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) concevoir et effectuer une expérience visant à déterminer le débit d'un liquide, et consigner leurs observations;
- b) observer et analyser plusieurs exemples expérimentaux d'application du principe de Bernoulli, dont le carburateur ou le compteur Venturi (utilisé en instrumentation et en recherche);
- c) observer la structure de divers types de balles, boules ou ballons utilisés dans les sports (golf, tennis ou squash, football, basket-ball, volley-ball, croquet ou billard) et analyser les raisons pour lesquelles ils sont ainsi conçus (taille, forme, caractéristiques superficielles comme la présence de bosses ou de creux);
- d) concevoir des siphons destinés à divers usages, par exemple, une vis d'Archimède pour faire monter de l'eau, un stylo à encre pour aspirer l'encre, un siphon à essence pour les voyageurs négligents ou un siphon d'aquarium pour nettoyer le réservoir;
- e) visiter un centre de l'auto, un garage ou une chaîne de montage, et demander à un mécanicien ou à une mécanicienne de leur montrer et de leur expliquer le fonctionnement des pistons, la vérification de la pression d'huile et de la pression d'air, et le fonctionnement des treuils hydrauliques des camions et de la machinerie agricole;
- f) inviter un ou une cardiologue à venir leur parler de la tension artérielle chez les humains et leur montrer comment on la mesure;
- g) visiter un musée consacré aux engins à vapeur, à la machinerie agricole ou à d'autres véhicules, et faire un compte rendu sur les pressions et mécanismes qui entrent en jeu dans le fonctionnement des machines à vapeur à piston ou autres;
- h) cuire divers aliments dans un autocuiseur, noter les variations de la soupape de sécurité et du temps de cuisson pour divers aliments (viande, poisson, légumes, fruits), et analyser le rapport existant entre la pression et la température;
- i) trouver et appliquer le principe de Torricelli;
- j) faire des recherches sur le matériel utilisé en plongée sous-marine autonome et les précautions à prendre, en raison de la pression qui existe sous l'eau;
- k) concevoir une soufflerie et la construire.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) On devrait rappeler aux élèves qu'il est important de bien saisir le comment et le pourquoi des changements de pression. Ce qui compte, c'est la *pression différentielle*.
- b) Avant d'utiliser des instruments ou des dispositifs, les élèves devraient en observer les rouages et prévoir ce qui va se produire.
- c) On devrait montrer aux élèves des appareils de mesure ou autre qu'ils ne connaissent pas et leur laisser deviner à quoi ils servent.
- d) On pourrait inviter dans la classe des personnes du secteur industriel et du corps médical.
- e) Les élèves devraient construire eux-mêmes les manomètres qui seront utilisés pendant les activités.
- f) L'étude de la loi de Pascal peut se faire à l'aide d'un simple levier hydraulique.
- g) On peut utiliser un tube de plastique de 2 m de long et de 10 mm de diamètre, ainsi que de l'eau contenant un colorant alcalin, pour faire une démonstration de l'écoulement laminaire et de l'écoulement non laminaire (turbulent). On devrait commencer par examiner un écoulement à vitesse constante, puis un écoulement accéléré. On peut également adapter à cette fin une cuve à ondes.

Unité facultative n° 2

Les machines

Durée : 12 heures

Dans cette unité, les élèves pourront constater que les machines simplifient le travail, permettent de gagner du temps et facilitent le mouvement. On analysera les pièces de machines complexes.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les machines simples
- Les avantages mécaniques théoriques et réels
- Les systèmes à poulie
- L'efficacité
- Les machines complexes

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à constater que les machines simplifient le travail (3b, 3d, 3f, 4b, 4c);
- b) à se rendre compte que la robotique s'appuie encore sur les principes des machines simples (3e, 4b).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) classer les types de machines (2a, 2b);
- b) réagencer les éléments des machines (les poulies, par exemple) pour obtenir une efficacité optimale (2c, 2d);
- c) calculer l'avantage mécanique théorique, l'avantage mécanique réel et l'efficacité d'une machine (de 2a à 2c);
- d) mesurer des forces et des distances et en prendre note (de 2a à 2c).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) reconnaître les six machines simples (2a);
- b) trouver où se situe la charge et la force motrice dans les six machines simples (de 2a à 2c);
- c) expliquer les avantages que comportent les machines pour l'industrie et la main-d'œuvre (2);
- d) définir les termes suivants : avantage mécanique théorique, avantage mécanique réel et efficacité (de 2a à 2c);
- e) expliquer les raisons pour lesquelles l'efficacité des machines varie (2);
- f) expliquer le rapport existant entre l'avantage mécanique théorique et le nombre de brins d'un système à poulie (2c);
- g) déterminer l'avantage mécanique théorique d'une machine composée (2c, 2d).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) déterminer au cours d'une expérience l'avantage mécanique théorique de la roue et de l'essieu, du plan incliné, du coin et du vérin (6, 8a, 8b, 8d, 8h);
- *b) déterminer l'avantage mécanique théorique et réel d'un levier intermobile pour des positions de charge données, mais pour des positions d'effort différentes, et comparer l'efficacité dans chaque cas (de 8a à 8d);
- c) assembler des systèmes à poulie pour obtenir un avantage mécanique théorique de 1 à 5 et déterminer l'avantage mécanique réel et l'efficacité de chacun (6, de 8a à 8d, 8h);
- d) concevoir et construire un train d'engrenages pour produire (i) une rotation rapide ou (ii) beaucoup de puissance; préciser l'avantage mécanique théorique dans chaque cas (6, de 8a à 8d, 8h);
- e) expliquer les divers types de leviers et les avantages de chacun;
- f) expliquer les systèmes à poulie simple et à poulies multiples et les avantages mécaniques de ceux-ci.

3. Applications

- a) Les leviers et les trains d'engrenage à avantage mécanique théorique de 1 sont utiles en instrumentation (manomètres de Bourdon, compteurs à gaz et horloges, par exemple).
- b) Les leviers sont très répandus dans l'équipement de construction, notamment dans les grues mobiles et les rétrocaveuses.
- c) Les petits mécanismes à vis sans fin et à roues sont utiles pour l'accord des guitares, dans les directions à crémaillère et dans les tarières à main.

- d) Les machines mues par un moteur sont dotées d'un entraînement par engrenage ou par courroies (le motoculteur, par exemple).
- e) Les machines sont tellement essentielles qu'on les utilise même dans l'espace (le Canadarm, par exemple).
- f) Les bicyclettes de course multivitesse sont munies de trains d'engrenage.

4. Incidences sociales

- a) La crise de l'énergie nous a fait comprendre qu'il fallait maximiser l'efficacité des machines.
- b) Les machines ultra-perfectionnées améliorent la qualité d'exécution des travaux et réduisent le nombre de tâches ennuyeuses.
- c) En réduisant l'énergie devant être déployée à la maison ou au travail, les machines permettent aux gens de se détendre, mais elles entraînent aussi une diminution de l'activité physique chez plusieurs.
- d) Les gens associent souvent le bruit d'une machine à sa puissance, de sorte que les fabricants ne sont pas toujours disposés à produire des machines moins bruyantes.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) le montage des machines selon les directives;
- b) la capacité d'effectuer les expériences et de réaliser les calculs nécessaires.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) Les élèves devraient savoir qu'un effort, même modeste, peut provoquer de graves douleurs à un doigt ou à une main à l'endroit où la machine fait son travail (un étau, par exemple).
- b) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) recueillir des illustrations dans des périodiques et préparer une exposition sur les machines industrielles ou domestiques dont les composantes sont des machines simples (illustrations d'équipement de construction faisant appel à des machines étudiées en classe, par exemple);
- b) déterminer l'efficacité d'une machine ou d'un mécanisme commercial;
- c) utiliser des jeux de construction de type «meccano» pour construire diverses machines composées et en analyser les caractéristiques;
- d) étudier le corps humain en tant que machine.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Les comptes rendus de laboratoire devraient comporter les tableaux et les graphiques appropriés.
- b) Tous les élèves devraient avoir l'occasion de se servir des machines.
- c) Les expériences devraient être simples.
- d) On devrait inciter les élèves à effectuer des lectures précises des instruments.
- e) Les élèves pourraient apporter en classe des machines simples utilisées chez eux (accessoires de cuisine, outils, etc.).
- f) On peut voir toutes sortes de machines dans les musées de technologie, magasins de bicyclettes, centres de l'auto ou chantiers navals.
- g) Des magazines pertinents à l'unité devraient être à la disposition des élèves.
- h) Pour gagner du temps, on peut demander à différents groupes de construire chacun une des machines. Les groupes peuvent ensuite se rendre d'un poste à l'autre et effectuer des relevés, ou encore chaque groupe travaille sur une machine et communique ses résultats à ses camarades en vue d'une analyse générale.

Unité facultative n° 3

Les matériaux

Durée : 12 heures

L'objet de cette unité est de faire comprendre aux élèves les propriétés et les comportements des matériaux de sorte qu'ils puissent utiliser ces derniers dans certaines applications.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les solides cristallins
- La cohésion et l'adhésion
- La tension et la fatigue : l'extension et la compression
- La masse volumique
- La dureté
- La corrosion
- L'absorption d'eau
- La conductivité thermique et électrique

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à éprouver du respect pour les architectes et les constructeurs d'autrefois et pour ce qu'ils ont légué à l'humanité (3a, 4b, 4c);
- b) à comprendre les rapports existant entre les propriétés d'un matériau et ses applications (de 3a à 3c, 4c);
- c) à s'intéresser à la composition des structures et des matériaux qui les entourent (3b, 3c, 3e, 4b);
- d) à constater que l'on utilise de nouveaux matériaux dans les secteurs de la construction et de la fabrication (3a, 3c, 4c);
- e) à faire preuve d'objectivité quand ils analysent des matériaux et des ouvrages (3b, 3c, 4b, 4c);
- f) à comprendre les répercussions que la mise au point de nouveaux matériaux synthétiques a eues sur le mode de vie des gens (3a, de 3c à 3e, 4a, 4c, 4d).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) utiliser un microscope (2a);
- b) tracer des croquis de ce qu'ils observent (2a);
- c) mesurer des forces à l'aide d'un dynamomètre (de 2c à 2e);
- d) mesurer des distances et des masses en se servant du matériel approprié (de 2e à 2h, 2k);
- e) calculer l'aire, la tension, la fatigue, la masse volumique, le module de Young et le volume d'un solide (de 2e à 2g);
- f) préparer des échantillons de plâtre de Paris et de ciment qui seront utilisés dans les activités (2h, 2i);
- g) suivre les instructions et noter leurs observations (2);
- h) tirer des conclusions sur les propriétés et le comportement de divers matériaux (de 2b à 2f, de 2h à 2l).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) énoncer les propriétés communes à tous les solides (2g);
- b) faire la distinction entre les solides cristallins et les solides amorphes et en donner des exemples (2a);
- c) définir les termes suivants : cohésion, adhésion, masse volumique, tension, fatigue et élasticité (de 2b à 2h);
- d) énoncer les formules servant à calculer le module de Young et la masse volumique (2e, 2g);
- e) expliquer brièvement les raisons de la cohésion et de l'adhésion des matériaux (de 2b à 2d);
- f) décrire de quelle façon on peut protéger un métal contre la corrosion (2j);
- g) expliquer ce qui se produit s'il y a trop d'eau ou pas assez d'eau dans le ciment (2i);
- h) expliquer de quelle façon un ou une géologue ayant en main deux substances peut déterminer laquelle est la plus dure (2h);
- i) nommer trois substances bonnes conductrices de chaleur et deux qui ne le sont pas (2l);
- j) nommer deux substances bonnes conductrices d'électricité et deux qui peuvent servir d'isolant (2l);
- k) expliquer la signification de *ductilité* et de *malléabilité*.

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) observer au microscope des échantillons de divers solides cristallins et les dessiner; observer au microscope ou à l'aide d'un rétroprojecteur la cristallisation du salol (salicylate de phényle) et décrire celle-ci (8a);
- b) examiner et comparer la cohésion de différentes surfaces planes, notamment des plaques de verre et des feuilles de plastique (8b);

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

- c) comparer la façon dont divers types de rubans adhésifs collent sur des surfaces différentes; les rubans peuvent être attachés à une surface fixe après quoi, à l'aide d'un dynamomètre, on mesure la force nécessaire pour enlever les rubans (6b, 8c, 8d);
- d) coller ensemble deux pièces de bois ou d'un autre matériau à l'aide de divers adhésifs commerciaux et, après les délais recommandés, essayer de les séparer, tout en utilisant un dynamomètre pour mesurer la force nécessaire à cette fin (6b, 8c, 8d);
- e) préciser la tension et la fatigue d'un échantillon donné de fil métallique ou de tissu élastique et calculer le module de Young (6a, 8c);
- *f) comparer la tension et la fatigue dans la compression de divers échantillons de mousse de polyuréthane; procéder de même avec des échantillons du même type mais dont la superficie est différente (6a, 8c);
- *g) identifier un échantillon de métal ou de la grenaille d'après sa masse volumique (8c);
- h) étudier la dureté de divers matériaux, dont le plâtre de Paris, le ciment ou divers types de bois, en laissant tomber sur chacun, d'une hauteur déterminée, une pointe dure guidée verticalement. Décrire la forme et la profondeur de la marque produite (6a, 8c, 8d);
- *i) préparer de petits échantillons de ciment en mettant la bonne et la mauvaise quantité d'eau et, après avoir laissé prendre chaque échantillon pendant le même temps que le mélange exact, comparer les caractéristiques de chacun (8d);
- j) étudier l'effet de l'oxygène, de l'eau et du sel sur la corrosion de divers métaux (8c, 8d);
- k) comparer la capacité d'absorption d'eau de diverses substances, dont le bois, la brique et le ciment, en déterminant la masse de l'échantillon avant et après l'immersion de celui-ci dans l'eau pendant plus ou moins longtemps (8c, 8d);
- l) comparer diverses substances quant à leur capacité de conduire la chaleur et l'électricité (6c, 8c).

3. Applications

- a) Utiliser les matériaux à bon escient, mettre au point et fabriquer des matériaux originaux et utiles, tel est le défi des technologues.
- b) Nombre d'adhésifs nouveaux (la «Crazy Glue», par exemple) sont extrêmement résistants et sont efficaces en très petite quantité.
- c) Les fibres synthétiques entrent dans la composition de tissus destinés à divers usages. Ces tissus sont souples et légers et peuvent servir à la fabrication de vêtements, de meubles et de tentures.

- d) Le programme d'exploration spatiale a donné lieu à la mise au point de nombreux matériaux nouveaux utilisés dans d'autres domaines.
- e) Les changements de tension sur de longues périodes et l'alternance des saisons peuvent entraîner un affaiblissement imprévisible des ponts, des bâtiments et des véhicules.
- f) Des matériaux synthétiques remplacent maintenant les parties métalliques externes des voitures.

4. Incidences sociales

- a) Les ressources naturelles de la planète sont limitées. En les utilisant judicieusement, on peut réaliser non seulement des économies, mais aussi prévoir pour l'avenir.
- b) La résistance des matériaux change avec le temps et les saisons. Il faut donc inspecter périodiquement les ponts, les bâtiments et les aéronefs à des fins de sécurité.
- c) Les nouveaux matériaux ou l'utilisation originale de matériaux connus peuvent améliorer la qualité des ouvrages de maçonnerie (utilisation du béton précontraint au lieu du bois et de l'acier, par exemple).
- d) La recherche et le développement dans le secteur des matériaux est un domaine où il existe de plus en plus de débouchés professionnels.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 50 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) la capacité d'exécuter les travaux pratiques de laboratoire et de préparer individuellement des comptes rendus;
- b) les rapports sur les observations faites pendant les activités.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) Les élèves devraient toujours porter des lunettes de protection quand ils testent la tension, la fatigue et la dureté des matériaux.
- b) Au cours des expériences effectuées sur les adhésifs, les ressorts et d'autres matériaux, ceux-ci peuvent reprendre subitement leur forme et provoquer des blessures aux yeux et à d'autres parties du corps. Les élèves devraient être informés de ces risques.
- c) Les élèves peuvent subir de graves brûlures quand ils chauffent des matériaux. Ils devraient donc être vêtus de façon sécuri-

taire et avoir à portée de la main les instruments adéquats pour saisir des objets très chauds.

- d) Pour de plus amples renseignements, les enseignants consulteront la section 9 de la 1^{re} partie du programme-cadre.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) faire une étude sur l'échelle de dureté de Mohs et rédiger un compte rendu;
- b) se rendre dans une université ou un collège communautaire de la région pour observer divers essais de matériaux;
- c) inviter un ingénieur ou une architecte à venir parler à la classe des débouchés professionnels, de la résistance des matériaux, des alliages ou autres sujets pertinents;
- d) visiter une industrie locale (acier, aluminium, nickel ou autres métaux) pour y observer le traitement des métaux purs et des alliages;
- e) faire des recherches ou des essais sur la résistance d'objets métalliques creux (tubulaires) ou solides (cylindriques) à la tension, à la compression et à la torsion;
- f) effectuer des recherches sur les essais non destructifs des matériaux, par exemple, l'ultrasonographie pour le repérage des fissures dans le train d'atterrissage des avions et les essais de polarisation des matériaux transparents;
- g) observer au microscope des échantillons des matériaux étudiés (ciment ou bois, par exemple).

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Les élèves pourraient observer les matériaux étudiés au microscope stéréoscopique, s'il y en a à l'école.
- b) On devrait aborder la question de l'électricité statique dans le cadre des activités sur l'adhésion.
- c) Dans plusieurs activités, on peut tirer le meilleur parti du temps dont on dispose en confiant à plusieurs groupes des matériaux différents; les groupes peuvent ensuite se faire part de leurs constatations en vue de tirer des conclusions générales.
- d) Les élèves devraient avoir la possibilité de concevoir des protocoles d'expérience et de choisir des matériaux à étudier.

Unité facultative n°4

Unité élaborée à l'échelon local

Durée : 12 heures

Cette unité doit être élaborée à l'échelon local, selon les besoins. Elle peut fournir l'occasion d'expliquer les rudiments d'un domaine scientifique que le programme-cadre n'aborde pas ou d'ajouter de nouveaux objectifs aux unités, permettant ainsi de faire une étude plus approfondie d'une ou de plusieurs parties du cours. Voici des exemples des domaines que l'on peut songer à aborder ou à approfondir :

- L'électronique fondamentale
- Les débouchés professionnels en technologie
- L'énergie
- Les machines

Cette unité peut fournir aux élèves une excellente occasion de se lancer dans l'étude d'un domaine scientifique qui les intéresse tout particulièrement; les enseignants doivent approuver le choix des élèves, puis surveiller et évaluer leur travail. Les élèves peuvent travailler individuellement ou en petit groupe. On devrait veiller à ce que le sujet choisi par les élèves ne recoupe pas la matière d'autres cours de sciences qu'ils seraient susceptibles de suivre. Pour entreprendre cette unité, les élèves doivent avoir acquis une certaine expérience des travaux en laboratoire et être au courant des mesures de sécurité à respecter. Si l'on songe à procéder à l'étude d'une série de courts sujets, on peut les intégrer au programme du cours de temps à autre pendant le semestre ou l'année.

Il est prévu que cette unité englobera des composantes semblables à celles des unités obligatoires, notamment les objectifs, les activités des élèves, les applications et les incidences sociales. Il faut joindre le plan de l'unité au programme d'études de l'école et le conserver dans les dossiers afin que les élèves ou les parents qui le désirent puissent le consulter.

Annexes

Annexes

- A. Codes des cours de sciences
- B. Table des matières de la 1^{re} partie
du programme-cadre

Codes des cours de sciences

Voici les codes des cours de sciences du palier secondaire autorisés en vertu de ce document.

Sciences, 9 ^e année, niveau fondamental	SNC1F
Sciences, 9 ^e année, niveau général	SNC1G
Sciences, 9 ^e année, niveau avancé	SNC1A
Sciences, 10 ^e année, niveau fondamental	SNC2F
Sciences de l'environnement, 10 ^e année, niveau général ..	SEN2G
Sciences, 10 ^e année, niveau général	SNC2G
Sciences de l'environnement, 10 ^e année, niveau avancé ..	SEN2A
Sciences, 10 ^e année, niveau avancé	SNC2A
Sciences, 11 ^e année, niveau fondamental	SNC3F
Biologie appliquée, 11 ^e année, niveau général	SBA3G
Chimie appliquée, 11 ^e année, niveau général	SCA3G
Sciences de l'environnement, 11 ^e année, niveau général ..	SEN3G
Biologie, 11 ^e année, niveau avancé	SBI3A
Chimie, 11 ^e année, niveau avancé	SCH3A
Sciences, 12 ^e année, niveau fondamental	SNC4F
Sciences de l'environnement, 12 ^e année, niveau général ..	SEN4G
Géologie, 12 ^e année, niveau général	SGE4G
Physique appliquée, 12 ^e année, niveau général	SPA4G
Sciences de l'environnement, 12 ^e année, niveau avancé ..	SEN4A
Géologie, 12 ^e année, niveau avancé	SGE4A
Physique, 12 ^e année, niveau avancé	SPH4A
Sciences de la technologie, 12 ^e année, niveau général	STE4G
Biologie, CPO	SB10A
Chimie, CPO	SCH0A
Physique, CPO	SPH0A
Les sciences dans la société, CPO	SSO0A

Interprétation des codes des cours de sciences :

- La première lettre du code d'un cours de sciences est toujours **S**.
- Les cours intitulés «Sciences» sont désignés par **SNC**.
- Si le cours porte un titre autre que «Sciences», le code **S** est suivi des deux premières lettres du titre (par exemple, **SBI** signifie «Sciences, Biologie» ou simplement «Biologie»; **SEN** signifie «Sciences de l'environnement»).
- Si le titre du cours comprend deux mots autres que «Sciences», le code **S** est suivi de la première lettre de chacun de ces mots (par exemple, **SCA** signifie «Sciences, Chimie appliquée» ou simplement «Chimie appliquée»).
- Le quatrième élément du code (**1**, **2**, **3**, **4** ou **0**) désigne l'année d'études, soit la 9^e, 10^e, 11^e ou 12^e année, ou les CPO, respectivement.
- Le cinquième élément du code désigne le niveau de difficulté : **F** (fondamental), **G** (général) ou **A** (avancé).

Pour de plus amples renseignements sur les codes des cours, consulter le *Guide du système uniforme de codage des cours* (Toronto, ministère de l'Éducation, 1986).

Annexe B

Table des matières de la 1^{re} partie du programme-cadre

Préface

Introduction

Les parties du programme-cadre

Cours fondés sur le programme-cadre

Programmes-cadres périmés

A : Buts et objectifs

1. Valeur et but de l'enseignement des sciences
2. Les buts de l'éducation et le rôle des sciences
3. Les buts du programme de sciences
 - 3.1 Les buts
 - 3.2 La nature des sciences
 - 3.3 Une culture scientifique générale
 - 3.4 Intégration des buts et du contenu

B : Le cadre du programme de sciences

4. Cours de sciences
 - 4.1 Le fil directeur à suivre en sciences, du jardin d'enfants aux CPO
 - 4.2 Niveaux de difficulté : fondamental, général et avancé
 - 4.3 Cours de sciences et crédits
 - 4.4 Unités d'étude de chaque cours
 - 4.5 Recommandations quant au choix des cours de sciences
5. Politique d'enseignement
 - 5.1 Contenu et méthodes
 - 5.2 Composantes de chaque unité d'étude
 - 5.3 Considérations pédagogiques pour chaque unité
 - 5.4 Nombre d'heures allouées à chaque unité
 - 5.5 Élaboration d'unités à l'échelon local

5.6 Intégration et appellation des cours de sciences à l'échelon local

5.7 La politique générale applicable aux cours de sciences

C : Quelques traits particuliers du programme de sciences

6. En ce qui concerne les élèves
 - 6.1 Sciences : le profil de l'élève modèle
 - 6.2 Adapter le programme aux élèves en difficulté
 - 6.3 Enseignement individualisé
 - 6.4 Préparation à la vie
 - 6.5 Préparation à la vie professionnelle
 - 6.6 Égalité des sexes
 - 6.7 Multiculturalisme
7. Le langage et les sciences
 - 7.1 Compétences linguistiques
 - 7.2 Travaux écrits et évaluation
 - 7.3 Terminologie anglaise dans les cours d'immersion en français
 - 7.4 Élèves immigrants
8. Mesures
 - 8.1 Estimations
 - 8.2 Système international d'unités et grandeurs physiques
 - 8.3 Exactitude et précision
 - 8.4 Présentation des problèmes
9. La sécurité
 - 9.1 La sécurité dans le laboratoire
 - 9.2 Mesures de sécurité recommandées
 - 9.3 Soins aux animaux pendant les cours de sciences
 - 9.4 Manipulation des plantes : règles de sécurité

- 10. Les valeurs et le programme de sciences
 - 10.1 Les sciences et l'acquisition des valeurs
 - 10.2 Questions épineuses et controversées

D : Mise en œuvre du programme de sciences

- 11. Planification du programme et perfectionnement du personnel
 - 11.1 Élaboration des politiques du conseil scolaire
 - 11.2 Planification du programme de sciences par l'école
 - 11.3 Planification des cours par les enseignants
 - 11.4 Documents d'appui du conseil scolaire
 - 11.5 Perfectionnement du personnel
- 12. Ressources
 - 12.1 Laboratoires et matériel
 - 12.2 Centres de ressources
 - 12.3 Manuels et matériel d'apprentissage
 - 12.4 Calculatrices
 - 12.5 Ordinateurs
 - 12.6 Les milieux scientifiques
- 13. Modes de prestation des cours de sciences
 - 13.1 Classes à deux niveaux et à années multiples
 - 13.2 Éducation coopérative
 - 13.3 Cours regroupés
 - 13.4 Éducation des adultes
 - 13.5 Centre d'études indépendantes
 - 13.6 Écoles spécialisées
- 14. Évaluation
 - 14.1 Évaluation de la mise en œuvre du programme de sciences
 - 14.2 Évaluation du rendement des élèves
 - 14.3 Auto-évaluation des enseignants
 - 14.4 Évaluation du programme

Annexes

- A. Codes des cours de sciences
- B. Grandeurs physiques
- C. Principes d'écriture des unités SI
- D. Plantes vénéneuses
- E. Quelques types d'instruments de la BIMO et domaines d'apprentissage

Min Gu Ontario. Ministère de
507. l'éducation.
10713 Sciences : programme-
059sc cadre, cycles
pt.10 intermédiaire et

French

